corso di
RADIOTECNICA

pubblicazione settimanale - 7 - 14 ottobre 1961 - un fascicolo lire 150 **51°** numero

corso di RADIOTECNICA

settimanale a carattere culturale

Direzione, Amministrazione, Pubblicità:
Via dei Pellegrini 8/4 - Telef. 593.478
MILANO

Ogni fascicolo — contenente 3 lezioni — costa lire 150, acquistato alle edicole.

Se l'edicola risulta sprovvista, o si teme di rimanere privi di qualche numero, si chieda invio settimanale direttamente al proprio domicilio a mezzo abbonamento.

Il versamento per ricevere i 52 fascicoli costituenti l'intero Corso è di lire 6500 + I.G.E. = lire 6630. A mezzo vaglia postale, assegno bancario, o versamento sul conto corr. postale 3/41.203 del « Corso di RADIOTECNICA » - Via dei Pellegrini 8-4 - Milano.
In ogni caso, scrivere in modo molto chiaro e completo il proprio indirizzo.

L'abbonamento può essere effettuato in qualsiasi momento; si intende comprensivo delle lezioni pubblicate e dà diritto a ricevere tali lezioni, che saranno inviate con unica spedizione.

Estero: abbonamento al Corso, Lit. 8.500. ($ 15). Numeri singoli Lit. 300 ($ 0,50).

Per i cambi di indirizzo durante lo svolgimento del Corso, unire lire 100, citando sempre il vecchio indirizzo.

Fascicoli singoli arretrati — se disponibili — possono essere ordinati a lire 300 cadauno.
Non si spedisce contrassegno.

Distribuzione alle edicole di tutta Italia: Diffus. Milanese - Via Soperga, 57 - Milano.

Direttore responsabile: Giulio Borgogno.

Autorizzaz. N. 5357 - Tribunale di Milano.

Stampa: Intergrafica S.r.l. - Cologno Monzese.

La Direzione non rivende materiale radio; essa può comunicare, se richiesta, indirizzi di Fabbricanti, Importatori, Grossisti ecc. in grado di fornire il necessario ed ai quali il lettore può rivolgersi direttamente.

Alla corrispondenza con richiesta di informazioni ecc. si prega allegare sempre il **francobollo per la risposta.**

Parte del testo e delle illustrazioni è dovuta alla collaborazione del Bureau of Naval Personnel, nonchè al Dept. of the Army and the Air Force - U.S.A.

A chi può essere utile questo Corso? Anzitutto — stante la sua impostazione — il Corso, basato sull'esposizione in forma a tutti accessibile, della radiotecnica, dai suoi elementi basilari alla evoluzione più recente, rappresenta la forma ideale per tutti coloro che intendono dedicarsi all'elettronica, sia come forma ricreativa sia — soprattutto — per l'acquisizione di una professione specializzata che possa procurare loro una posizione di privilegio in seno alla società odierna.

Anno per anno, la nostra civiltà si indirizza sempre più verso questa meravigliosa, si potrebbe dire fascinosa, elettronica, che nel modo più evidente consente sviluppi impensati, progressi grandiosi e una rapida evoluzione di tutti gli altri rami dello scibile che essa tocca e influenza.

L'industria, tutta l'industria, nel senso più ampio, da quella elettrotecnica a quella meccanica, alla metallurgica, alla chimica ecc., con i suoi laboratori di ricerca e le sue fabbriche richiede, e richiederà sempre più, con un ritmo rapidamente crescente, tecnici specializzati con conoscenza dell'elettronica, tecnici specificatamente elettronici e persino operai e impiegati di ogni ordine e categoria con cognizioni di elettronica.

Si può dire che anche le branche commerciali, quelle dei trasporti e persino quelle amministrative con le recenti introduzioni delle calcolatrici, abbisognano di personale che conosca i principi dell'elettronica, le macchine relative, il loro pieno sfruttamento, la eventuale riparazione ecc. e, quanto più in modo completo, quanto meglio.

Nasce, da una tale situazione, una logica conseguenza: per la scelta di una professione o di un mestiere, per un miglioramento della propria posizione sociale, per l'intrapresa di una libera attività o anche per la sola acquisizione di cognizioni che indubbiamente verranno oltremodo utili, è quanto mai opportuno riflettere se non sia conveniente dedicare un po' di tempo allo studio di questa scienza che ha tra l'altro il pregio di rendersi immediatamente attraente, concreta, accessibile e foriera di moltissime soddisfazioni.

A questo scopo appunto, e con questi intenti, è stato redatto questo Corso.

Non mancano invero altri corsi (specie per corrispondenza) o scuole di radiotecnica, nè mancano (sebbene siano in numero del tutto inadeguato) scuole statali o pareggiate ma la struttura e l'impostazione che caratterizzano queste 156 lezioni sono alquanto particolari, presentando non pochi vantaggi sulle diverse altre forme di cui si è detto.

Anzitutto vogliamo porre in evidenza **il fattore economico.**

Frequentare regolarmente, durante tutto l'anno, una scuola è certo il modo più logico — anche se non il più rapido — per apprendere ma, tralasciando il fatto che rarissimi sono gli Istituti di radiotecnica, è a tutti possibile dedicarsi esclusivamente, e per l'intero anno, allo studio? Noi riteniamo che chi può farlo costituisca oggi assai più l'eccezione che la regola. Ciò significa infatti poter disporre liberamente del proprio tempo senza avere la necessità di un contemporaneo guadagno: il nostro Corso permette a chiunque di studiare a casa propria, nelle ore libere dal lavoro, senza abbandonare o trascurare quest'ultimo. Ciò caratterizza invero anche altri corsi, ma il vantaggio economico diviene notevole ed evidentissimo se si considera che di fronte all'esborso, anche se rateale, di quasi 80.000 lire che i corsi per corrispondenza richiedono, seguendo il nostro Corso la spesa in un anno risulta di poco più di 7500 lire (150 lire alla settimana presso un'edicola) o di 6630 lire totali, con recapito postale, settimanale, delle lezioni a domicilio.

E' superfluo dire che la Modulazione di Frequenza, i transistori, i circuiti stampati, la trasmissione, il telecomando ecc. sono argomenti integrali del Corso e non costituiscono motivo di corsi speciali, aggiunti o particolari.

Le lezioni di questo Corso — a differenza di molte altre — non sono stampate con sistemi di dispensa, a ciclostile, o con sistemi più o meno analoghi, derivanti cioè da un originale battuto a macchina da scrivere; esse sono stampate in uno stabilimento grafico, con chiari caratteri tipografici da cui deriva una assai più agevole lettura e — fattore certamente di non secondaria importanza — un contenuto molto più ampio, corrispondendo una pagina a stampa a tre o quattro pagine di quelle citate. Il lettore avrà, alla fine del Corso, un volume di ben 1248 pagine di grande formato!

Chiunque, indipendentemente dall'età, dalla professione e dalle scuole compiute **può seguire il Corso.** Alle esposizioni teoriche si abbinano numerose, attraenti, istruttive ed utili descrizioni che consentono la realizzazione di ricevitori, amplificatori, strumenti vari e persino di trasmittenti su onde corte.

A questo proposito è sintomatico il fatto che la Direzione non vuole assolutamente assumere la fisionomia di un fornitore o commerciante di materiale radio, rivendendo agli allievi le parti necessarie. Il materiale occorrente l'interessato può acquistarlo dove e come meglio crede e, assai spesso anzi, già ne dispone. Viene così evitato l'acquisto forzoso, caratteristico più o meno di tutti gli altri corsi.

Anche chi è già radiotecnico, anche chi ha seguito o segue altri corsi troverà il massimo tornaconto in questo completo ed aggiornato lavoro. Molte nozioni, è logico, saranno note, altre un po' meno e sarà utile rinfrescarle, e il tutto infine costituirà un manuale di consultazione, prezioso tanto per la teoria esposta quanto per i numerosi schemi, per le tabelle, per i grafici, gli elenchi, i dati, il vocabolario dei termini ecc.

Concludendo, si può affermare che questo **Corso di Radiotecnica** oltre che come insegnamento graduale si presenta come **enciclopedia e rivista assieme** ciò che permette di formare — con modestissima spesa — **il più completo, ricco, utile e pratico volume di radiotecnica di cui sia dato oggigiorno disporre.**

IL RADIOCOMANDO

Un'importantissima branca della scienza elettronica è l'utilizzazione della trasmissione - ricezione radio per comandare a distanza un oggetto semovente o un meccanismo qualsiasi. Tale possibilità ha reso e rende notevoli servigi, consentendo, ad esempio, la realizzazione di esperimenti senza la presenza in loco di operatori, che potrebbero, diversamente, essere esposti a gravi rischi. Questo ramo dell'elettronica è poi, per alcuni, fonte di interesse e svago, esattamente come lo è la trasmissione dilettantistica. Ovviamente, in questo caso, non si tratta di comunicare con altri mediante un processo di rice-trasmissione nei due sensi, bensì nello inviare particolari « messaggi » verso la stazione ricevente, la quale obbedisce incondizionatamente agli ordini che riceve.

Il radio comando consiste dunque nel trasmettere determinati segnali, e nel far sì che — in sede di ricezione — tali segnali, amplificati e ritrasformati, provochino l'apertura o la chiusura di circuiti secondari, mediante i quali vengono azionati speciali dispositivi.

La tecnica del telecomando, in genere, viene sfruttata in numerosissimi campi: citeremo innanzitutto il campo scientifico, nel quale a volte — ripetiamo — occorre manovrare a distanza apparecchiature in presenza di gravi pericoli (collaudo di velivoli di nuovo genere, prove di atterraggio notturno, esplosioni o reazioni nucleari, voli ad altissima quota, immersioni sottomarine a profondità notevoli, ecc.); in secondo luogo, possiamo citare i comandi a distanza che semplificano l'organizzazione di servizi di interesse pubblico (funzionamento automatico dei semafori, chiusura e riapertura dei passaggi a livello, ecc.). Un'intensa attività dilettantistica di radiocomando da parte di amatori si ha nel campo di modellini (di navi o di velivoli); tali amatori, mettendo in pratica le loro cognizioni di elettronica, riescono a realizzare interessanti applicazioni.

Prima di addentrarci nell'esposizione dei principi sui quali si basa questa tecnica, riteniamo opportuno accennare ad un organo che, per le sue caratteristiche, è alla base delle applicazioni di telecomando: il **relais.**

TIPI di RELAIS

Per relais si intende un dispositivo elettromeccanico, mediante il quale è possibile trasformare impulsi di energia elettrica in impulsi di energia meccanica. Il relais viene realizzato in varie versioni, con diversi gradi di sensibilità, e con diverse caratteristiche di portata.

Il tipo più semplice è quello illustrato alla **figura 1**, nella quale si nota un'elettrocalamita, un contatto mobile — ruotante intorno al fulcro *E* — ed un contatto fisso *D*. Questo tipo di relais viene definito « NA », iniziali delle parole **N**ormalmente **A**perto; infatti, come si nota osservando la figura, quando ai capi dell'avvolgimento (*A* e *B*) non è applicata alcuna tensione, l'elettrocalamita non è eccitata, ed il dispositivo si trova in posizione di riposo (normale). Non appena tra *A* e *B* viene applicata una tensione sufficiente, il magnete si eccita, ed attira il contatto mobile (costituito da una lamina di ferro dolce). In tal modo, la piastrina di contatto ad essa applicata viene ad appoggiarsi contro il contatto fisso (*D*). E' dunque chiaro che, applicando una tensione adeguata tra *A* e *B*, si chiude automaticamente il contatto tra *C* e *D*. Si noti che le due coppie di contatti sono tra loro perfettamente isolate, per cui le correnti che circolano nel circuito dello avvolgimento di eccitazione possono non aver nulla in comune con quelle circolanti nell'altro circuito.

Un particolare degno di nota è che la laminetta mobile azionata dall'elettromagnete è congegnata in modo tale che, grazie alla presenza di una molla di richiamo, essa torna a staccarsi dal contatto fisso *D*, non appena viene a mancare la tensione di eccitazione.

La **figura 2** illustra un tipo analogo di relais che, a differenza del primo, è del tipo « NC » (**N**ormalmente **C**hiuso). Infatti, i due contatti *C* e *D* sono chiusi in assenza di eccitazione, e si aprono, interrompendo il circuito relativo, non appena viene applicata la tensione.

Un relais viene classificato a seconda della sensibilità, (ossia dell'energia, espressa in volt o in millampère, necessaria per attirare adeguatamente la laminetta mobile vincendo la forza della molla di richiamo), ed a seconda della portata, ossia dell'intensità di corrente che può essere fatta passare attraverso i due contatti che si chiudono o si aprono durante l'eccitazione. Si hanno pertanto grossi relais, mediante i quali è possibile chiudere o interrompere circuiti nei quali scorrono correnti di centinaia di ampère, e — al termine di una lunga scala — piccolissimi relais, detti **microrelais**, adatti ad interrompere o chiudere circuiti nei quali scorrono correnti molto deboli. Ovviamente, dal momento che le dimensioni (e quindi il peso) dei contatti sono in rapporto all'intensità di corrente che circola nel circuito comandato, ed alle relative esigenze di isolamento, anche l'energia necessaria per l'eccitazione è in relazione alla portata del relais.

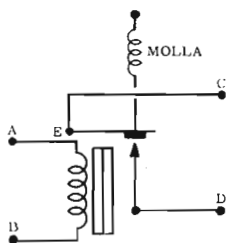



Fig. 1 - Principio del relais. La corrente eccita il nucleo, il quale attrae l'ancoretta che ruota intorno al fulcro E, chiudendo il circuito C - D.

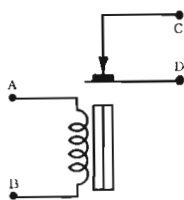



Fig. 2 - In questo caso, il funzionamento avviene al contrario, in quanto l'eccitazione del nucleo apre i due contatti.

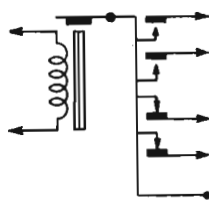



Fig. 3 - Esempio di relais multiplo. In questo tipo, l'ancoretta, spostandosi, chiude i due contatti superiori ed apre i due inferiori.

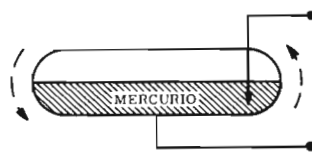



Fig. 4 - Principio del relais a mercurio. L'inclinazione dell'ampolla verso sinistra fa sì che il mercurio si sposti verso tale lato. In tal caso si interrompe il contatto con l'elettrodo che si trova immerso nella posizione illustrata.

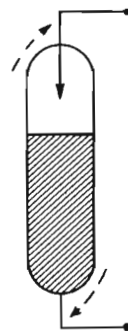



Fig. 5 - Tipo di relais a mercurio, normalmente aperto.

Il principio ora descritto viene adottato anche per la costruzione di relais più complessi: il movimento della laminetta mobile, infatti, può essere sfruttato per chiudere o aprire due o più contatti contemporaneamente, oppure per chiuderne alcuni ed aprirne contemporaneamente altri: in pratica, si tratta di fare in modo che il movimento della laminetta mobile attirata dallo elettromagnete, eserciti la sua influenza su più di un contatto mobile, trasmettendo il suo movimento attraverso collegamenti meccanici costituiti da piastrine o da sbarrette di materiale isolante. La **figura 3** — ad esempio — illustra lo schema di un relais nel quale la laminetta mobile, allorchè si sposta, chiude due contatti, e ne apre altri due, nello stesso tempo.

In questi tipi di relais, il compito dell'energia di eccitazione consiste semplicemente nel fare in modo che il nucleo si magnetizzi, attirando così la laminetta. Detta energia può — di conseguenza — essere indifferentemente a corrente continua o alternata.

Esiste un altro tipo di relais, detto **polarizzato**, nel quale o il nucleo o la laminetta mobile è un magnete permanente. Per questo motivo, lamina e nucleo si toccano in assenza di eccitazione. In tal caso, l'eccitazione deve essere tale da neutralizzare il magnetismo del nucleo, creando un campo magnetico avente una polarità opposta. In questa applicazione, la corrente di eccitazione deve essere continua, e deve avere una determinata polarità, poichè, in caso contrario, essa tenderebbe a rinforzare il campo del magnete permanente, invece di neutralizzarlo.

Un altro tipo ancora, che trova impiego qualche volta nel campo del telecomando, è quello a mercurio. Il principio di funzionamento è illustrato alla **figura 4**, dove si nota un'ampolla di vetro contenente una certa quantità di mercurio, ed un contatto immerso in essa. E' intuitivo che, se l'ampolla viene inclinata in modo che il metallo liquido si porti verso sinistra (ruotando intorno al proprio centro, nel senso indicato dalle frecce) il contatto tra mercurio e l'elettrodo immerso si interrompe. Si tratta di un relais a mercurio del tipo NC. La **figura 5** illustra il medesimo relais, nella versione NA; in tal caso, l'inclinazione dell'ampolla nel senso indicato dalle frecce provoca la chiusura del contatto.

In entrambi i casi, il mercurio è in contatto con un conduttore esterno, tramite uno strato di vernice metallica depositata sulla superficie interna del bulbo, e l'elettrodo fa capo ad un conduttore che, passando attraverso il vetro, lo mette in contatto con l'esterno.

Il movimento dell'ampolla, necessario per azionare il relais, può essere determinato sia dall'inclinazione della intera apparecchiatura su cui e montata l'ampolla, sia da un elettromagnete del tipo già considerato.

Per evitare che le ripetute aperture e chiusure dei contatti di un relais provochino ossidazione a causa delle scintille che si producono, detti contatti sono di solito argentati, o platinati, o trattati con acciai speciali.

Nel tipo a mercurio — invece — l'ossidazione è praticamente impossibile in quanto, internamente all'ampolla, viene praticato il vuoto. In tal caso viene a mancare l'ossigeno che, combinandosi col metallo, ne determina l'ossidazione.

IMPIEGO dei RELAIS per il COMANDO di CIRCUITI

E' facile immaginare quali e quante applicazioni utili ed interessanti sia possibile realizzare con i relais. Consideriamo ad esempio la **figura 6**. In essa si nota un motore elettrico, *M*, al quale è fissata la puleggia (*P*) che ne utilizza la rotazione. Il motore viene azionato dalla batteria *B*, ed il circuito si chiude attraverso i contatti del relais (*R*). Se questo dispositivo è a portata di mano dell'operatore, un comune interruttore, connesso al posto dei contatti del relais, può azionare o fermare il motore, a seconda delle necessità. Se invece il dispositivo è a notevole distanza dall'operatore, il comando di chiusura o apertura del circuito che invia energia elettrica all'avvolgimento di eccitazione può essere conseguente ad un impulso ricevuto via radio, sotto forma di modulazione di una portante, e debitamente amplificato.

La **figura 7** illustra una interessante applicazione di un relais per comando a distanza: il motore *M*, funzionante a corrente continua ed alimentato dalla batteria *B*, può ruotare in un senso o nell'altro, a seconda della polarità con cui viene alimentato dalla batteria. Agendo sul relais *R*, il quale aziona indirettamente il doppio commutatore (*C*1 e *C*2), è possibile invertire tale polarità. In tal modo, se *M* comunica il suo movimento — ad esempio — all'elica di un battello, il funzionamento del relais può stabilire se la marcia di quest'ultimo deve essere in avanti o indietro.

Le applicazioni del relais sono — come si è detto —

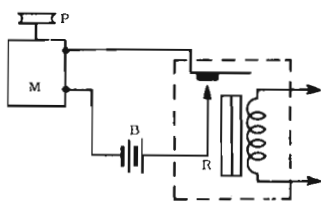



Fig. 6 - Esempio di comando di un circuito tramite un relais. Il motore M, che aziona la puleggia P, funziona solo quando il relais R viene eccitato, in seguito all'applicazione di una tensione ai capi del suo avvolgimento.

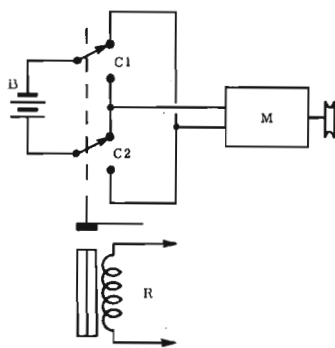



Fig. 7 - Circuito di comando a relais, per l'inversione del senso di rotazione di un motore a c.c.

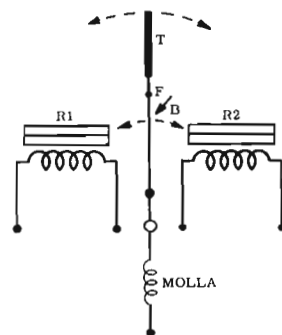



Fig. 8 - Metodo per il comando di un timone (o di altro dispositivo), mediante due relais agenti in senso opposto.

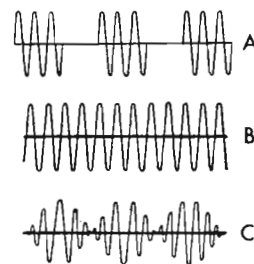



Fig. 9 - Rappresentazione grafica dei tre tipi di segnali: A, ad impulsi, B, ad ampiezza costante, e C a modulazione di ampiezza con toni a B.F.

numerosissime. Volendo fare un altro esempio, osserviamo il congegno illustrato in forma schematica alla **figura 8**. *T* rappresenta la proiezione verticale di un timone, ruotante intorno al fulcro *F*, ed azionato dalla barra *B* di ferro dolce. In condizioni di riposo, la molla *M*, solidale con la barra da un lato, e con un punto fisso dall'altro, provvede a tenerlo perfettamente diritto. Eccitando il relais *R*1, la barra verrà attratta dal magnete, e tenderà a vincere la forza di trazione da parte della molla con forza tanto maggiore, quanto maggiore è l'eccitazione del relais. Il timone si sposterà quindi verso destra. Ovviamente, eccitando invece il relais *R*2, si avrà lo spostamento del timone verso sinistra. Una volta cessata l'eccitazione dell'uno o dell'altro relais, la molla provvederà automaticamente a riportare il timone in posizione diritta.

Dopo questa premessa, necessaria al lettore per comprendere il principio base del radiocomando, possiamo addentrarci nello studio di questo ramo dell'elettronica.

COME AVVIENE il RADIOCOMANDO

Il principio elettronico del radiocomando, nelle sue linee generali, è notevolmente semplice. L'operatore dispone di una stazione trasmittente, dimensionata a seconda delle caratteristiche dell'intero sistema, che può emettere segnali a radiofrequenza in una determinata gamma e con una determinata lunghezza d'onda. Tali segnali, a loro volta, possono essere costituiti da impulsi di Alta Frequenza, come illustrato alla **figura 9 - A**, oppure da oscillazioni continue ad ampiezza costante figura 9-**B**), o ancora da oscillazioni modulate in ampiezza con una o più frequenze, come illustrato alla figura 9-**C**. In ogni caso, sul pannello di comando del trasmettitore sono previsti diversi tipi di controlli (a leva, a manopola, a pulsante, ecc), necessari per dare all'onda portante le caratteristiche volute.

Sul dispositivo telecomandato (sia esso un modellino di aeroplano, di piroscafo, di automobile, treno o altro), è installato un ricevitore in miniatura, accordato sulla medesima frequenza del trasmettitore, ed alimentato con batterie contenute nello stesso modellino. Il processo mediante il quale i comandi trasmessi vengono ricevuti ed attuati, è del tutto analogo alla ricezione radio della quale ci siamo occupati fino ad ora. I comandi teletrasmessi, siano essi sotto forma di impulsi o di suoni modulanti, vengono rivelati ed applicati, sotto forma di correnti elettriche vere e proprie, a uno o più relais. Questi, a loro volta, mettono in azione altri dispositivi elettromeccanici (motorini, leve, ruotismi, ecc.), usufruendo dell'energia elettrica erogata da apposite batterie, anch'esse installate a bordo del modellino.

In tal modo, i diversi comandi teletrasmessi determinano la messa in funzione di un motorino, o il suo disinserimento, lo spostamento di una leva in un determinato senso, l'accensione di una lampadina, ecc.

Esistono impianti di telecomando nella versione più semplice, ossia provvisti di un unico comando, che viene impartito mediante pressione su di un unico pulsante del trasmettitore. In tal caso, ovviamente, può essere trasmesso o ricevuto un solo tipo di segnale. Ciò nonostante, si è trovato il modo, come vedremo, di sfruttare anche un unico segnale per ottenere separatamente diverse azioni successive, come ad esempio la messa in moto del modellino, la svolta a destra, la svolta a sinistra, la retromarcia, ed infine l'arresto. Altri tipi di impianti, invece, permettono di impartire più di un ordine contemporaneamente: in tal caso è possibile, ad esempio, fare in modo che il modellino si sposti con un moto rettilineo, e che successivamente svolti a destra o a sinistra, emettendo contemporaneamente segnali acustici (o luminosi, dal lato corrispondente alla virata). E' altresì possibile farlo procedere in senso opposto (retromarcia), facendolo anche virare da un lato.

TIPI di TRASMETTITORI

Nel caso più semplice di comando unico — precedentemente citato — il trasmettitore è paragonabile ad un generatore di segnali A.F. La **figura 10 - A** rappresenta simbolicamente un trasmettitore di questo tipo; il pulsante, visibile sul pannello di comando, provvede semplicemente, come un comune tasto telegrafico, ad inserire o disinserire la tensione anodica. In tal caso, quando la tensione è presente, si ha irradiazione del segnale modulato, ed il modello telecomandato riceve l'ordine. In assenza di tensione anodica, invece, non si ha trasmissione di ordini, ed il modello resta nelle condizioni in cui è stato predisposto dall'ultimo comando.

Per la trasmissione separata o contemporanea di due o più comandi, la prima soluzione escogitata (e che, sebbene sia la più complessa e costosa, viene ancora

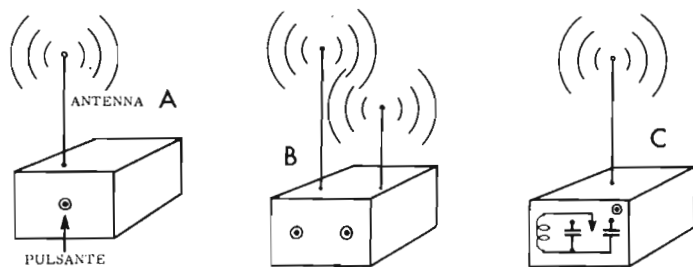



Fig. 10 - Tre tipi di trasmettitori: in A, tipo semplice, con modulazione ad impulsi: in B, tipo doppio, per la trasmissione su due diverse frequenze, con due antenne distinte, ed in C, trasmettitore singolo con possibilità di variare la frequenza della portante.

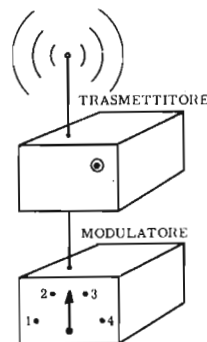



Fig. 11 - Principio del trasmettitore di segnali a modulazione di ampiezza, con modulatore separato.

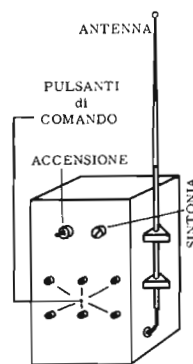



Fig. 12 - Trasmettitore completo, autoalimentato, di tipo portatile.

adottata in casi speciali), consiste nell'impiego di due o più trasmettitori funzionanti su frequenze diverse come in figura 10-**B**, o di un trasmettitore con possibilità di variazione della frequenza portante. In tal caso, naturalmente, non essendovi una mente che possa variare la sintonia del ricevitore sull'oggetto telecomandato, occorrono tanti ricevitori quante sono le frequenze sulle quali è possibile inviare ordini (figura 10 - **C**).

Il progresso tecnico ha comunque consentito la soluzione di questo problema in modo notevolmente più semplice, ossia mediante un unico trasmettitore, funzionante su frequenza portante unica, e modulato in ampiezza con più di una frequenza. Il numero di frequenze di modulazione, comprese nel campo delle frequenze acustiche, dipende dal numero di comandi che si desidera poter trasmettere; ciascuna di esse, infatti, determina il funzionamento di un determinato meccanismo sull'apparecchio radiocomandato.

Nei trasmettitori di questo tipo, come si nota alla **figura 11**, si ha un generatore di onde ad Alta Frequenza, ed un modulatore che, nel caso illustrato, può modulare la portante con quattro diverse frequenze. Per impartire i diversi ordini, è sufficiente predisporre il modulatore sulla frequenza corrispondente al comando voluto, e successivamente premere il pulsante del trasmettitore che provvede ad irradiare il comando.

Nelle applicazioni dei modellini radiocomandati, la frequenza della portante deve essere per legge su determinate gamme; la potenza è limitata a meno di 5 watt, e la portata utile è di qualche chilometro nelle migliori condizioni. L'antenna spesso è del tipo a radiostilo, telescopico, analoga a quelle adottate per i radioricevitori installati a bordo delle automobili. Ovviamente, per avere il massimo rendimento, l'antenna trasmittente deve essere accordata con ogni cura, cosa che si ottiene stabilendone la lunghezza ad un quarto esatto della lunghezza d'onda. Se l'antenna risultasse troppo ingombrante, la si potrà accordare sulla sua *lunghezza elettrica*, tenendo lo stilo più corto, e compensando la differenza con un'induttanza in serie (si veda in proposito quanto detto a pagina 995).

I trasmettitori di questo tipo possono essere a valvole, o a transistori, nel qual caso, come ben sappiamo, si ha il vantaggio di un minor consumo, di un minor peso e di minori dimensioni: ciò, comunque, non è così importante come lo è per il ricevitore, che deve essere installato a bordo del modellino.

Nel linguaggio tecnico, la trasmissione di impulsi o di comandi corrispondenti a suoni di diversa frequenza, viene denominata **codificazione**: all'atto della ricezione, la funzione di interpretazione dei segnali trasmessi viene definita **decodificazione**. Ciò deriva dal fatto che la natura dei segnali stessi costituisce, nei confronti delle caratteristiche di funzionamento del sistema, un vero e proprio codice.

Per assicurare una buona stabilità della frequenza, necessaria ad evitare che un segnale trasmesso non venga ricevuto, i trasmettitori sono generalmente del tipo con controllo a quarzo. I modulatori per la produzione dei segnali in codice sono invece normali oscillatori del tipo *RC* o *LC* per frequenze acustiche. La frequenza di modulazione viene variata agendo su un certo numero di pulsanti, ciascuno dei quali inserisce una determinata capacità in parallelo al circuito di sintonia dell'oscillatore di Bassa Frequenza. Un ultimo particolare che dobbiamo mettere in rilievo, è che — per motivi che vedremo tra breve nello studio del funzionamento dei ricevitori — tali frequenze devono essere abbastanza distanti l'una dall'altra nello spettro che le comprende, ed inoltre nessuna di esse deve avere un valore coincidente o comunque molto prossimo ad una armonica di un'altra. In caso contrario, se un segnale ha una frequenza — ad esempio — di 250 Hz, ed un altro, corrispondente ad un diverso comando, ha una frequenza di 500 Hz, sussiste il pericolo che ciascuno di essi faccia vibrare contemporaneamente due lamine.

La **figura 12** illustra l'aspetto di un trasmettitore completo di modulatore e di batteria di alimentazione. Si noti il sistema di fissaggio del radiostilo telescopico a lato, e la presenza dei diversi comandi (interruttore di accensione, controllo di sintonia, e pulsanti di comando sufficienti per impartire sei ordini diversi).

TIPI di RICEVITORI

Come si è detto, il compito del ricevitore consiste nel captare i segnali provenienti dal trasmettitore, e nel rivelarli, trasformandoli in correnti elettriche, aventi intensità sufficienti per azionare i diversi congegni che provvedono ad « eseguire » l'ordine ricevuto.

Nel caso al quale ci riferiamo, ossia nei piccoli modelli radiocomandati di navi, aeroplani, ecc., il ricevi-

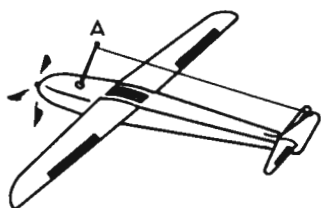



Fig. 13 - Installazione di un'antenna orizzontale sul modellino di un aeroplano.

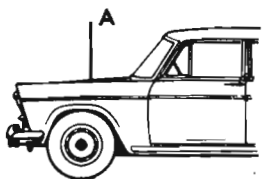



Fig. 14 - Installazione di un'antenna verticale, sul modellino di un'automobile radiocomandata.

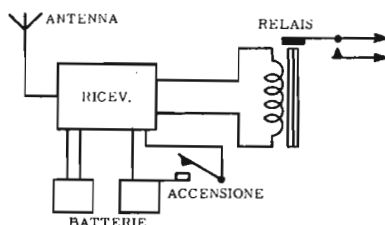



Fig. 15 - Il più semplice ricevitore consta di uno stadio, alimentato a batterie, e di un relais, azionato dal segnale ricevuto.

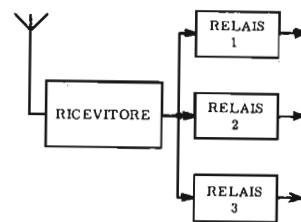



Fig. 16 - Negli impianti più complessi, si hanno in uscita più relais selettivi, eccitabili separatamente con diverse frequenze di modulazione.

tore può essere, come lo stesso trasmettitore, sia a valvole che a transistori. Naturalmente, questi ultimi, specie in seguito agli ultimi progressi che ne consentono il funzionamento con buona stabilità e rendimento anche nel campo delle onde cortissime (V.H.F.), si dimostrano più utili per il minor peso, il minor ingombro e la necessità di un'alimentazione assai più ridotta.

Si tratta sempre di ricevitori ad elevata sensibilità, che, per ovvie ragioni di spazio e di peso, devono avere un numero minimo di stadi. Per questo motivo, spesso, si tratta di circuiti a superreazione, del tipo noto al lettore: in tal caso, infatti, non si hanno nè stadi di preamplificazione ad Alta Frequenza, nè stadi amplificatori a Media Frequenza.

A seconda delle dimensioni del modellino radiocomandato, l'antenna può essere costituita da un conduttore che si estende per tutta la lunghezza dell'oggetto (se si tratta di un aereo come illustrato alla **figura 13**), oppure verticalmente, come illustrato alla **figura 14**.

In linea di massima, si può affermare che i circuiti dei ricevitori adottati a questo scopo sono su per giù sempre i medesimi: si tratta — ripetiamo — di uno stadio rivelatore, funzionante in superreazione, seguito o meno da uno o più stadi di amplificazione di Bassa Frequenza. Naturalmente, nei modelli più semplici, nei quali il segnale radiotrasmesso comanda un solo relais, questo può essere del tipo ad altissima sensibilità, tale cioè che anche una corrente debolissima (come quella proveniente dal segnale) possa eccitarlo.

In altri casi, invece, trattandosi di dispositivi più complessi, il ricevitore deve fornire in uscita anzitutto segnali di B.F. aventi diverse frequenze, (di cui ciascuna eccita un determinato relais), ed inoltre è opportuno disporre di una certa amplificazione, per fornire a detti relais una corrente di eccitazione di una certa intensità.

La **figura 15** illustra la rappresentazione schematica di un ricevitore adatto per modulazione singola ad impulsi. Il ricevitore, alimentato da una o da due batterie, a seconda che sia rispettivamente a transistori o a valvole, amplifica gli impulsi ricevuti, e la corrente relativa eccita il relais connesso ai capi dell'uscita. Questo ultimo, a sua volta, chiude il circuito che aziona dispositivi meccanici, sui quali ci dilungheremo tra breve.

La **figura 16** illustra invece un caso più complesso: si tratta di un ricevitore, analogo al precedente, ma di maggior potenza, all'uscita del quale sono connessi tre relais. Ciascuno di essi può essere eccitato da un segnale emesso dal trasmettitore, avente una determinata frequenza. In tal caso, se le frequenze di modulazione del trasmettitore sono — ad esempio — 50, 120 e 220 Hz, si può fare in modo, mediante accorgimenti che conosceremo, che i tre segnali eccitino rispettivamente i relais 1, 2 e 3. Naturalmente, data la necessaria semplicità dei circuiti, ogni segnale deve essere trasmesso separatamente. Mediante questo sistema, è dunque possibile impartire tre ordini diversi, Se, ad esempio, il modellino è già predisposto per la marcia in avanti, si può far sì che un segnale corrisponda alla svolta a destra, uno alla svolta a sinistra, ed uno alla retromarcia.

Naturalmente, aumentando il numero dei relais, ed il numero delle frequenze di modulazione, e ricorrendo per alcuni canali, all'uso di relais più complessi (con più di un circuito, come illustrato alla figura 3), è possibile impartire un maggior numero di comandi, e, contemporaneamente, fare in modo che alcuni di essi provochino più di una reazione nel modellino.

E' così possibile, attraverso congegni relativamente complessi, realizzare modellini che, in seguito ai comandi trasmessi, effettuino tutte le manovre che possono essere effettuate dalla nave o dall'aereo vero.

TIPI di DECODIFICATORI

Si è detto in precedenza, che la decodificazione consiste nell'interpretazione dei comandi radiotrasmessi. In sostanza, l'azione è analoga a quella dello stadio rivelatore di un comune ricevitore radio: il rivelatore (seguito o meno da stadi amplificatori di Bassa Frequenza), fornisce i segnali a frequenza udibile, e l'altoparlante o la cuffia li ritrasformano in onde sonore. Analogamente, il ricevitore provvede a fornire i segnali utili a corrente alternata, ed il relais o i relais connessi all'uscita li trasformano in azioni meccaniche.

Il più semplice decodificatore è quello già illustrato alla figura 15. Infatti, è intuitivo che, finchè il segnale viene trasmesso, il relais resta in funzione; l'azione cessa in quanto il relais torna ad assumere la posizione di riposo, determinata dalla molla di richiamo (vedi figura 1) quando il segnale viene meno.

Il sistema di trasmissione a modulazione singola può essere ulteriormente perfezionato, adottando un relais del tipo illustrato alla **figura 17-A**. In essa si nota un

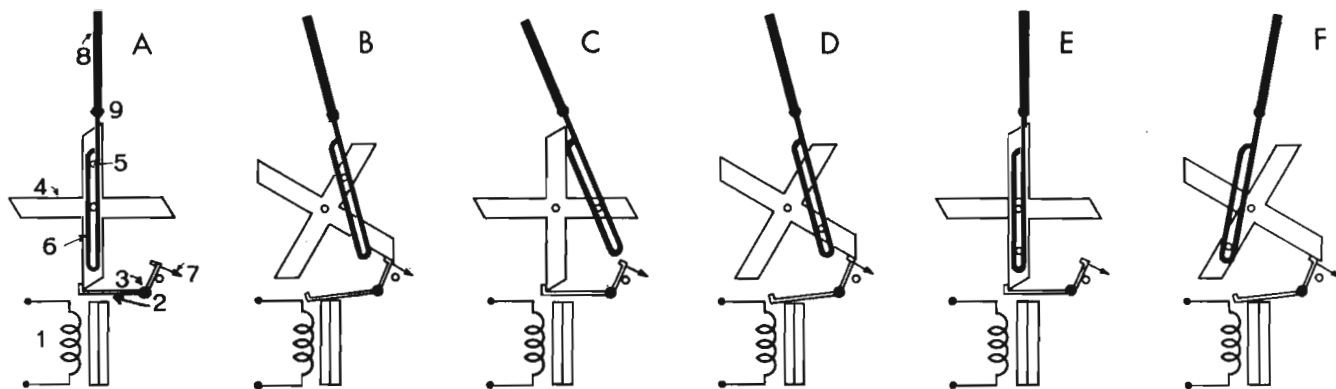



Fig. 17 - Metodo elettromeccanico per ottenere diversi comandi con l'impiego di un solo relais non selettivo. Mediante la rotazione di un eccentrico, è possibile ottenere cinque diverse posizioni della barra comandata. La forza che determina la rotazione della ruota a quattro denti è dovuta ad un elastico di gomma, che viene precedentemente « caricato » mediante torsione.

elettromagnete (**1**), il quale attira l'ancoretta mobile (**2**) ruotante intorno al perno (**3**). Questa, a seconda della sua posizione, consente o meno la rotazione della ruota dentata a quattro denti (**4**), che, per la sua rotazione, trae l'energia necessaria da un elastico precedentemente caricato torcendolo su se stesso. L'ancoretta e la ruota dentata sono congegnati però in modo tale che, per ogni spostamento della prima, la seconda può compiere solo un ottavo di giro, in quanto viene ad urtare contro il secondo braccio dell'ancoretta, che agisce da fermo. La diseccitazione del relais libera l'arresto, e la ruota compie un altro ottavo di giro.

Si tenga presente che quattro impulsi di trasmissione corrispondono — in effetti — a otto interventi sul relais. Infatti, ogni qualvolta il pulsante del trasmettitore viene abbassato, il relais si diseccita. I due movimenti del pulsante corrispondono quindi ad 1/4 di giro della ruota dentata. Mediante la trasmissione di quattro impulsi, la ruota compie un giro intero.

Nella figura si nota inoltre un perno fissato ad uno dei denti della ruota (**5**), il quale, nella sua rotazione, trascina un'asola, solidale con una barra (**6**). Osservando le figure successive, (17-**B** e 17 **C**, ecc.), è evidente che la barra può assumere 8 diverse posizioni, di cui quattro corrispondono alle eccitazioni successive del relais, ed altre quattro a condizioni di riposo.

Se la barra è solidale (ad esempio) con un timone, è intuitivo che, partendo dalla posizione iniziale (barra diritta), e se la ruota può muoversi a causa dell'elastico in senso orario, il modellino radiocomandato potrà andare diritto, indi voltare leggermente a destra, poi, in seguito alla diseccitazione del relais può curvare a destra con un raggio minore. Indi, attraverso successivi impulsi, riassumere la posizione di curva a destra, direzione rettilinea, curva a sinistra, ecc.

In tal modo, pur disponendo di un trasmettitore con una sola frequenza di modulazione, è possibile ottenere cinque diverse posizioni del timone. A tutta prima, potrà sembrare scomodo il fatto di dover passare attraverso la curva a destra prima di poter ottenere la svolta a sinistra; tuttavia, nell'applicazione pratica, è facile rendersi conto che la risposta meccanica è molto lenta rispetto alla rapidità con cui è possibile intervenire sul trasmettitore a mezzo del pulsante relativo. Di conseguenza, partendo dalla posizione di riposo, (figura 17-A), è sufficiente premere e lasciare il pulsante due volte, indi premerlo ancora e lasciarlo in tale posizione, per avere — ad esempio — una curva a sinistra.

Con questo meccanismo è possibile un'altra interessante applicazione: se, in luogo del timone, la barra spostata dalla ruota dentata aziona un commutatore a cinque posizioni (due per lato ed una centrale), è possibile ottenere diversi tipi di azioni, come ad esempio l'accensione di una lampadina, il suono di una cicala, la messa in moto in avanti, la retromarcia, o l'arresto.

I dispositivi di questo tipo, impiegati nel campo del radiocomando di modellini, sono numerosissimi. Dal momento che essi sono fondati tutti sui medesimi principi e — d'altra parte — possono essere sia costruiti con relativa facilità, sia acquistati presso i rivenditori che trattano appunto di tali articoli, descriveremo solo una seconda versione, e ci occuperemo, dopo, dei relais multipli per impianti più complessi.

La **figura 18** illustra il metodo mediante il quale è possibile variare la velocità di rotazione — ad esempio — di un motorino ad autoaccensione (funzionante ad etere), del tipo normalmente adottato sui modellini di motoscafi e di aeroplani. Come è facile osservare, il carburante può giungere alla camera di scoppio attraverso due vie distinte, corrispondenti a due diversi livelli, ognuno dei quali consente una diversa miscela, aria - carburante, esattamente come avviene nei comuni motori.

Quando il motore è alimentato con una miscela più ricca, la velocità di rotazione è ovviamente maggiore, e viceversa. Per attuare la variazione, è sufficiente ostruire una delle aperture, comunicanti con i due condotti di aspirazione d'aria: in tal modo, il motore è costretto ad aspirare una certa quantità di etere, mentre l'aria viene aspirata dalla apertura libera. Ostruendo l'altra apertura d'aria, la prima consente il passaggio dell'aria, ed il carburante viene aspirato dal secondo condotto (diversa miscela).

La commutazione meccanica viene effettuata da una leva — sulla cui estremità sono applicate due guarnizioni di gomma che consentono una buona tenuta — azionata da un comando a relais nel modo ormai noto.

Con questo dispositivo è dunque possibile, mediante il radiocomando, passare dalla velocità di decollo (maggiore) ad una velocità di crociera (minore) per un modellino di aeroplano, oppure, per un motoscafo, dalla velocità di partenza (minore) a quella di competizione.

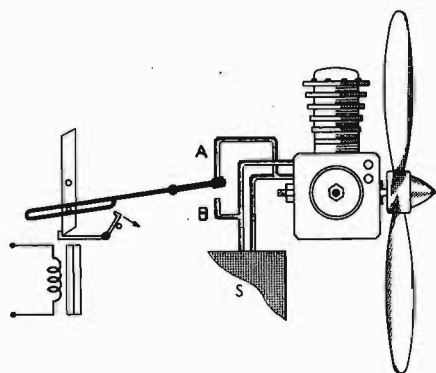



Fig. 18 - Variazione di velocità, con comando a relais, ottenuta chiudendo alternativamente i due canali di aspirazione dell'aria, A e B.

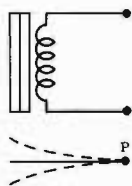



Fig 19 - Prncipio della lamina vibrante. Se l'avvolgimento è percorso da c.a., essa tende a vibrare con la frequenza della corrente. L'ampiezza delle vibrazioni è massima, se la frequenza coincide con quella di risonanza della lamina stessa.

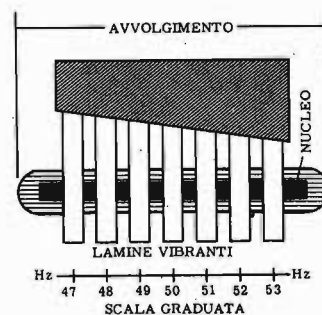



Fig. 20 - Nel frequenzimetro, si hanno diverse lamine, di diferente lunghezza. Ciascuna può vibrare su una sola frequenza, che viene letta direttamente sulla scala.

Come si è visto, combinando l'azione elettromeccanica di un relais con l'oscillazione di leve, la rotazione di eccentrici, lo scatto di commutatori, ecc., è possibile inviare per via radio diversi tipi di comandi, mediante i quali si può « guidare » un mezzo semovente, sia del tipo terrestre, che marino o addirittura aereo.

Vediamo ora su quali principi si basano gli impianti di telecomando più complessi.

Relais a lamine vibranti

I relais a lamine vibranti sfruttano il principio, ben noto al lettore, della risonanza, sul quale è basato anche uno strumento di misura al quale non abbiamo ancora accennato, detto *frequenzimetro.*

Come sappiamo, allorchè un'onda sonora o elettromagnetica investe rispettivamente un oggetto o un conduttore avente caratteristiche tali da corrispondere alla frequenza dell'onda stessa, esso risuona su quest'ultima. Nel caso di un oggetto nei confronti dell'onda sonora, esso vibra sulla medesima frequenza, e, nel caso del conduttore (ad esempio un'antenna), esso diventa sede di correnti alternate alla medesima frequenza.

Un fenomeno del tutto analogo si verifica allorchè un campo magnetico alternato esercita la sua influenza su un corpo ferromagnetico (come ad esempio una laminetta metallica, un diapason, o altro), che sia libero di vibrare. La **figura 19** illustra appunto il caso di una lamina, fissa ad una estremità e libera all'altra, disposta in modo da subire l'attrazione da parte dello elettromagnete dal lato dell'estremità libera. Se l'elettromagnete viene eccitato con corrente continua, la lamina viene attratta quando la corrente circola, e torna alla posizione di riposo quando essa cessa.

Supponiamo ora che una corrente alternata, a bassissima frequenza (ad esempio due cicli al secondo) percorra l'avvolgimento. In un secondo, la lamina viene attratta dal magnete quattro volte, in quanto, non essendo essa stessa magnetizzata, viene attratta sia da un polo Nord che da un polo Sud. Detti poli si alternano appunto quattro volte in due cicli completi.

Una vibrazione di quattro oscillazioni al secondo può essere certamente seguita da una laminetta avente una certa elasticità; tuttavia, se — per un valore della frequenza di 150 Hz — le vibrazioni devono essere 300, la lamina potrà seguirle solo se le sue dimensioni fisiche (spessore, lunghezza, peso ed elasticità) sono tali da conferirle tale frequenza di risonanza.

Su questo principio si bassa appunto il frequenzimetro, nel quale, come si nota alla **figura 20**, si ha un unico avvolgimento di eccitazione, provvisto di un nucleo avente una sezione stretta e lunga. In prossimità del nucleo, si trova un certo numero di lamine vibranti, ciascuna delle quali risuona su una frequenza. La differenza tra tali frequenze può essere di 1 Hz o anche di 1/2 Hz, a seconda della precisione richiesta.

Allorchè l'avvolgimento è percorso da una corrente alternata, la lamina la cui frequenza di risonanza corrisponde a quella della corrente di eccitazione entra in vibrazione. L'estremità libera, che può essere osservata anteriormente attraverso il quadrante dello strumento, indica con le vibrazioni il valore della frequenza sulla scala relativa. Le due laminette che precedono e seguono quella oscillante sulla frequenza di risonanza, vibrano anch'esse, ma con ampiezza tanto minore quanto maggiore è la discordanza. In tal modo è possibile conoscere con buona precisione la frequenza della corrente di eccitazione, se incognita.

Il principio ora visto viene sfruttato nelle applicazioni del radiocomando, con l'aggiunta di un accorgimento che consente di trasformare le vibrazioni delle lamine eccitate di un relais multiplo, in altrettanti contatti stabili. La **figura 21** illustra in **A** l'aspetto di un relais a diverse lamine vibranti, ed in **B** la rappresentazione schematica dello stesso. Come si può osservare, anche in questo caso si ha un unico avvolgimento, il quale viene percorso sia dalla corrente anodica o dalla corrente del collettore (a seconda che si tratti di una valvola o di un transistore). dell'ultimo stadio, sia — contemporaneamente — dalla corrente alternata dovuta al segnale di Bassa Frequenza.

Quest'ultimo segnale ha una frequenza determinata da quella di modulazione del trasmettitore, che — in tal caso — deve essere del tipo illustrato alla figura 12. Ogni singola lamina del relais è dimensionata in modo tale da vibrare su una certa frequenza (detta appunto di risonanza) della corrente alternata di eccitazione. Riferendoci a quanto già detto precedentemente, specifichiamo che le singole frequenze di risonanza delle varie lamine devono essere scelte in modo che nessuna di esse corrisponda ad un'armonica di un'altra.

Supponiamo che le lamine siano tarate per vibrare

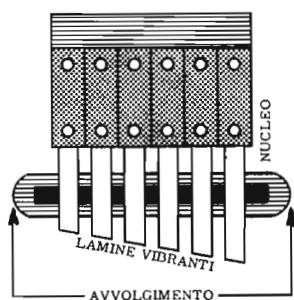



Fig. 21-A - Nel relais selettivo si ricorre al medesimo principio, con la differenza che le vibrazioni vengono sfruttate per la chiusura di tanti contatti quante sono le lamine.

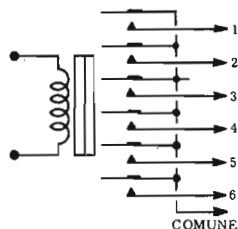



Fig. 21-B - Rappresentazione schematica del relais di figura 21-A. Sono rappresentate le sei lamine vibranti, ed i relativi contatti, aventi tutti un polo in comune.

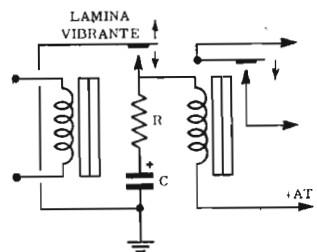



Fig. 22 - Il contatto vibrante del relais selettivo fa a sua volta funzionare un relais normale, attraverso un dispositivo integratore (R e C), che provvede a rendere costante l'eccitazione.

sulle seguenti frequenze: la prima (1) su 50 Hz, la seconda (2) su 80, la terza su 130, e le successive, rispettivamente, su 170, 230, e 270 Hz. Come si nota, nessuna di queste frequenze ha un sottomultiplo in comune, per cui non sussiste alcun pericolo che due lamine possano vibrare contemporaneamente sulla medesima frequenza. In pratica, l'aspetto delle lamine citate è paragonabile a quello della tastiera di un'armonica a bocca, o della parte attiva di un «carillon», con la differenza che esse non hanno il solo compito di vibrare su una determinata frequenza, bensì anche quello di chiudere un circuito elettrico. Infatti, durante la vibrazione, la estremità di ciascuna di esse entra in contatto con un elettrodo posto ad una distanza tale che il contatto non abbia luogo allorchè la lamina è ferma, mentre si verifica durante le oscillazioni meccaniche.

Ovviamente, data la funzione meccanica dell'organo vibrante, il contatto non può essere tale da assicurare il passaggio costante (durante le vibrazioni), di una corrente di intensità apprezzabile. La corrente risulta invece intermittente, e per questo motivo, si fa in modo che ciascuna lamina, attraverso un circuito integratore, alimenti — a sua volta — un secondo relais, semplice o multiplo, a seconda dei casi, il quale agisce direttamente sul dispositivo meccanico comandato.

La **figura 22** illustra un tipico circuito integratore adatto allo scopo. Come si nota, la lamina vibrante chiude il circuito di alimentazione del secondo relais, in serie all'avvolgimento del quale si trova un condensatore di capacità elevata (generalmente un elettrolitico), ed una resistenza limitatrice.

Mentre il contatto della lamina vibrante è aperto, nessuna corrente passa attraverso l'avvolgimento del secondo relais. Tuttavia, tramite l'avvolgimento stesso e la resistenza *R*, *C* si carica, per la tensione continua applicata ai capi del circuito. *R* e *C*, in serie tra loro, sono in parallelo ai contatti che si chiudono durante le vibrazioni della lamina. Ciò costituisce un circuito integratore: negli istanti in cui i contatti sono chiusi, l'avvolgimento del relais è eccitato dalla corrente continua alimentante il circuito, mentre, negli istanti in cui i contatti si aprono, esso viene eccitato dalla corrente di carica del condensatore *C*. Così, sebbene la lamina vibri alla frequenza del segnale di modulazione prescelto, il secondo relais resta eccitato per tutto il tempo in cui il segnale viene trasmesso.

Ovviamente, in un sistema a diversi canali, ogni lamina vibrante comanda un proprio relais, ed è provvista di un suo circuito integratore.

Riassumendo, se il trasmettitore funziona su una determinata frequenza portante, ad esempio 27 MHz, modulabile direttamente con 6 diverse frequenze acustiche come quelle precedentemente citate (mediante la pressione sul pulsante corrispondente), è possibile montare in serie alla placca (o al collettore) dell'ultimo stadio di Bassa Frequenza del ricevitore, un relais a sei lamine vibranti, le cui frequenze di risonanza corrispondano appunto a quelle di modulazione.

In tal caso, la presenza di una qualsiasi delle frequenze di modulazione costringe la lamina corrispondente a vibrare. Questa — a sua volta — provvede, con l'aiuto del circuito integratore, ad eccitare direttamente il relais supplementare, che agisce meccanicamente sul comando al quale è destinato.

La possibiltà di azionare separatamente diversi relais, tramite un relais a lamine vibranti, ha permesso la realizzazione di apparecchiature di radiocomando molto complesse. Non esiste un limite vero e proprio al numero delle lamine che è possibile far vibrare. Nei confronti del trasmettitore, le cui dimensioni non sono critiche in quanto resta fermo nel punto di comando, la presenza di un elevato numero di canali si risolve in un numero corrispondente di pulsanti sul pannello di controllo, ed in un analogo numero di capacità, da questi inserite nel circuito che produce le frequenze di modulazione. Nei confronti del ricevitore — invece — essa si risolve innanzitutto nell'impiego di un relais con un adeguato numero di lamine (e quindi di un ingombro e peso proporzionalmente maggiori), e, secondariamente, in un numero corrispondente di relais secondari, di circuiti integratori, e di dispositivi meccanici comandati.

Risulta evidente che il numero di canali ammissibile dipende anche dalla disponibilità di spazio, di peso e di volume nel modello. Queste tre caratteristiche dipendono, a loro volta, dalla potenza del mezzo propulsore. Infatti, se l'intero complesso ricevente comporta un peso che, unito a quello dello scafo (o dell'aereo), è superiore ad un certo limite, è necessaria una proporzione tra la potenza del motore, l'autonomia (e quindi le dimensioni delle batterie di alimentazione e del serbatoio di carburante), ed il peso totale. Occorre allora un compromesso tra i diversi fattori.

RICEVITORI e TRASMETTITORI per RADIOCOMANDO

Prima di accingersi alla costruzione di un impianto costituito da un trasmettitore e da un ricevitore, atto alla esecuzione di diversi comandi, avente notevole portata, è opportuno che il principiante si procuri un buon corredo di esperienze, che — come ben sappiamo — possono derivare soltanto dalla pratica graduale attraverso varie fasi successive.

In realtà, il lettore conosce ormai abbastanza dettagliatamente sia i circuiti di trasmissione che quelli di ricezione, per cui non dovrebbe essere necessario un lungo tirocinio, almeno per quanto riguarda la parte elettronica. Tuttavia, nel campo del radiocomando, le differenze sostanziali che sussistono nei confronti delle apparecchiature di rice-trasmissione comportano particolari accorgimenti che — ripetiamo — possono essere appresi soltanto con la pratica acquisita in questo ramo particolare.

In linea di massima, il procedimento di irradiazione dei segnali è analogo a quello con cui si effettuano trasmissioni in grafia o in fonia: la sola differenza consiste nel fatto che, nel caso della trasmissione ad impulsi (paragonabile alle comunicazioni in grafia), non occorre conoscere un codice molto complesso, e non occorre alcuna abilità per trasmettere e per ricevere. Basta infatti ricordare il codice che lo stesso costruttore stabilisce nei confronti delle manovre che il modellino dovrà compiere. Nel caso della trasmissione di segnali modulati in ampiezza, l'operazione è ancora più facile, in quanto ogni singola nota è determinata dalla semplice pressione su di un pulsante, o dallo spostamento di un interruttore a leva, il quale, logicamente, può essere contrassegnato con diciture corrispondenti alla azione voluta (destra, sinistra, avanti, indietro, ecc.).

Un particolare di una certa importanza è il dimensionamento del trasmettitore. La potenza non deve essere superiore a quella consentita per legge, che ammonta a 5 watt, e, d'altra parte, un modellino, per quanto grande, non può più essere guidato agevolmente quando oltrepassa una certa distanza, specie se si tratta di un aeroplano, in quanto ad un certo punto l'oggetto non può più essere osservato dalla persona che lo comanda. Di conseguenza, è evidente che le dimensioni del trasmettitore dipendono unicamente dal numero degli stadi che lo costituiscono, dall'autonomia delle batterie incorporate, nonchè dalla maggiore o minore complessità dei circuiti. Ove possibile, nulla vieta di alimentare l'apparecchio direttamente con la corrente alternata di rete, prelevata tramite un cavo flessibile ed avente una certa lunghezza, per consentire all'operatore di seguire il modello durante le sue evoluzioni.

L'antenna può essere costituita da un dipolo, o da un semplice elemento verticale (antenna Marconi). In ogni caso, data la lunghezza d'onda, le dimensioni sono sempre tali da consentire l'installazione direttamente a fianco o sopra l'involucro dell'apparecchio, così come abbiamo visto alla lezione precedente.

Prima di occuparci a fondo della tecnica dei trasmettitori, vediamo come può essere realizzato un ricevitore.

COSTRUZIONE di RICEVITORI per RADIOCOMANDO

I circuiti adatti alla ricezione dei segnali trasmessi, contenenti gli ordini di comando, possono essere di diverso tipo; nella scelta, si tiene conto di diversi fattori, come la sensibilità richiesta (in rapporto alla distanza dal trasmettitore ed alla sua potenza), le dimensioni, il peso, ecc. Come abbiamo già accennato, essi possono essere sia a valvole che a transistori; la sensibilità necessaria può essere ottenuta sia attraverso un circuito supereterodina (ossia con conversione di frequenza), sia attraverso uno stadio rivelatore funzionante in superreazione, seguito o meno da altri stadi.

Naturalmente, i circuiti supereterodina offrono le migliori garanzie di stabilità, sensibilità, e sicurezza di funzionamento: essi però — logicamente — richiedono un numero di stadi relativamente elevato, e, di conseguenza, comportano un ingombro ed un peso più rilevante. Oltre a ciò, occorre aggiungere che il circuito di un ricevitore supereterodina per radiocomando consta di un notevole numero di componenti (stadi amplificatori, circuiti accordati, resistenze, condensatori, ecc): maggiore è il numero dei componenti di un circuito, maggiore è anche la possibilità di guasti da parte di quest'ultimo, specie in caso di urti violenti.

Se si traggono le conclusioni da quanto sopra, e, in considerazione del fatto che con i circuiti a superreazione è possibile ottenere del pari una sufficiente stabilità ed una buona sensibilità, si può affermare che risultano preferibili, specialmente nelle prime realizzazioni dilettantistiche, i tipi a superreazione.

Uno dei fattori più importanti che consentono la scelta di un ricevitore a superreazione è, contrariamente alle apparenze, il fattore selettività. Sappiamo già che, nei confronti della supereterodina, il circuito di rivelazione a reazione offre una pari sensibilità, ma una selettività notevolmente inferiore: ciò, tuttavia, ha la

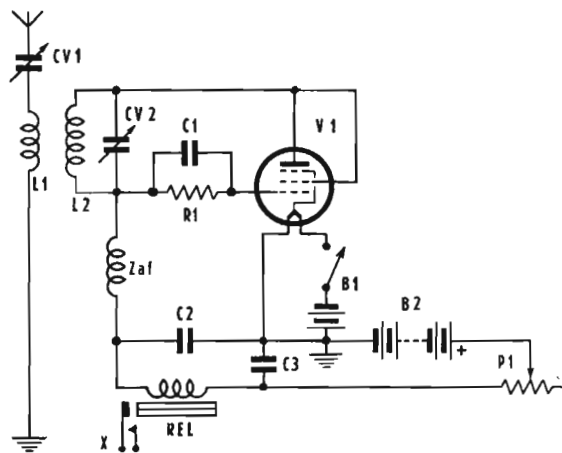



Fig. 1 - Circuito elettrico di un semplice ricevitore, ad una valvola funzionante in superreazione, per radiocomando. CV1 adatta l'impedenza dell'antenna, e CV2 consente la sintonia sulla frequenza di ricezione. La polarizzazione che si sviluppa ai capi di R1, a seconda che il segnale venga ricevuto o meno, fa variare la corrente anodica, tanto quanto basta per eccitare o diseccitare il relais in serie al circuito di placca. Questo è regolabile mediante una molla di richiamo, e tramite il potenziometro P1. In tal modo, interrompendo la trasmissione del segnale (non modulato), si ha l'apertura o la chiusura dei contatti contrassegnati « X ».

massima importanza agli effetti della ricezione di emittenti dilettantistiche, ma perde praticamente tale importanza nei confronti del telecomando. Infatti, esistono ben poche probabilità che, nel raggio utile di un trasmettitore, ne esista un altro che funzioni su una frequenza prossima, e che possa quindi interferire con quello sul quale il ricevitore è sintonizzato.

L'antenna del ricevitore

Nei confronti dei ricevitori a superreazione, l'impiego di antenne risonanti in quarto d'onda o a mezza onda non è consigliabile; infatti, date le condizioni di funzionamento, prossime a quelle di innesco delle oscillazioni, la presenza di un'antenna accordata può creare un certo slittamento di frequenza, che costringe il circuito dello stadio a funzionare più come oscillatore che come rivelatore. In tal caso, l'antenna verrebbe ad assorbire energia dal circuito, irradiandola nello spazio, piuttosto che fornirgliene sotto forma di segnale utile.

Per le applicazioni su modellini di navi o di aeroplani, si ricorre di solito all'impiego di semplici antenne, costituite da un conduttore teso orizzontalmente, così come abbiamo visto alla lezione precedente (figura 13). In genere, per una frequenza di circa 27 MHz, è sufficiente un conduttore (acciaio, bronzo fosforoso, o un tubetto di alluminio), avente una lunghezza compresa tra 50 e 80 centimetri, a seconda della lunghezza del modellino sul quale è installata. Per frequenze maggiori, si usano antenne più corte, o piccoli dipoli.

Per i ricevitori supereterodina, invece, risulta opportuno impiegare antenne accordate. In genere, se si usa sul trasmettitore un'antenna direttiva, (ad esempio un dipolo con elemento riflettore ed uno o più elementi direttori), conviene che questa sia polarizzata verticalmente. In tal caso, dando la medesima polarizzazione verticale anche all'antenna ricevente applicata al modellino, è più facile estendere la portata ed ottenere maggiore sensibilità, nonostante le eventuali evoluzioni (cambiamenti di direzione e quindi di orientamento) da parte di quest'ultimo.

L'antenna generalmente è connessa al circuito di ingresso tramite un compensatore, la cui regolazione consente una utile possibilità di adattamento dell'impedenza. Vediamo ora qualche circuito di ricezione, limitandoci ai tipi a superreazione, di più facile costruzione e messa a punto.

Ricevitore a una valvola, per la gamma di 27 MHz

Il tipo più semplice di ricevitore, adatto per apparecchiature di radiocomando ad un solo canale senza modulazione (ossia con codificazione costituita dalla sola interruzione della portante, come nelle emissioni in « grafia »), è illustrato alla **figura 1**.

Si tratta di una valvola ad alto vuoto, tipo 1S4 o 3S4, funzionante come rivelatrice in superreazione. L'antenna, connessa al primario (*L1*), tramite un compensatore che consente l'adattamento dell'impedenza, riceve i segnali provenienti dal trasmettitore. Tali segnali, costituiti esclusivamente da impulsi di Alta Frequenza, aventi una durata stabilita dall'operatore, vengono applicati, per induzione, ai capi di *L2*. Questa, oltre a costituire con *CV2* il circuito di accordo vero e proprio, determina anche l'accoppiamento reattivo necessario tra i circuiti di griglia e di placca di *V1* per il funzionamento in superreazione.

Per effetto del segnale applicato, il gruppo di rivelazione, costituito da *C1* e da *R1*, sviluppa una determinata tensione di polarizzazione (per falla di griglia), che può raggiungere un valore tale da bloccare addirittura la corrente anodica. In linea di massima — però — non si giunge mai alla tensione di interdizione, poichè, in tal caso, si otterrebbe semplicemente una serie di rapidissime variazioni della corrente anodica da zera ad un certo valore medio. In pratica, ciò che occorre ottenere è una variazione apprezzabile della corrente anodica, la quale deve poter assumere due valori più o meno definiti: un valore massimo (ad esempio 6,5 milliampère con tensione anodica di 45 volt), in assenza di segnale, ed un valore minimo (circa 2,3 milliampère), quando il segnale è presente.

Il filamento della valvola viene acceso da una batteria, che fornisce una tensione di 1,5 volt se si tratta della 1S4, o di 3 volt se si tratta invece della 3S4. I due tipi sono tra loro sostanzialmente identici. La sola differenza risiede nel fatto che nella prima, il filamento funziona appunto con 1,4 volt, 100 milliampère, mentre nella seconda, essendo provvisto di presa centrale, può funzionare sia con una tensione di 2,8 volt, 50 milliampère, sia con le medesime caratteristiche della 1S4, connettendo in parallelo tra loro le due sezioni del filamento. L'interruttore a levetta, connesso in serie alla batteria di accensione, permette di spegnere il di-

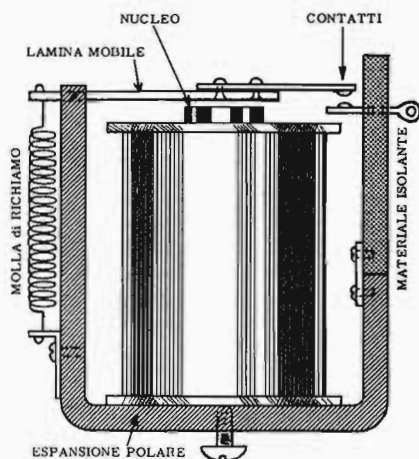



Fig. 2 - Esempio di semplice relais. Si notano lo avvolgimento di eccitazione (intorno al nucleo), la espansione polare, l'ancoretta mobile, ed i contatti esterni (visti di lato). La molla può essere tesa più o meno, spostando la squadretta inferiore.

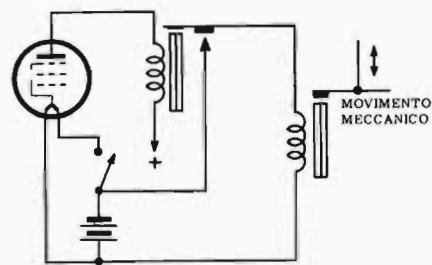



Fig. 3 - Se l'energia meccanica del relais non è sufficiente per compiere una determinata funzione, si può fare in modo che esso comandi — a sua volta — un relais di maggiore potenza, la cui ancoretta mobile esegue direttamente l'ordine trasmesso.

spositivo, troncando così anche la corrente anodica.

La tensione di placca viene fornita da una batteria che può essere da 45, 67 o anche 90 volt, a seconda della sensibilità desiderata (maggiore è la tensione anodica, maggiore è la sensibilità del ricevitore). La placca e la griglia schermo sono connesse insieme, per cui la valvola funziona analogamente ad un triodo. In serie al circuito di placca è presente l'avvolgimento di eccitazione del relais, che può essere del tipo illustrato alla **figura 2**. In aggiunta, il potenziometro *P1*, in serie alla batteria, inserisce una maggiore o minore resistenza di caduta, che consente una certa variazione della corrente anodica, necessaria per la messa a punto finale: *C3* provvede al necessario filtraggio.

I valori dei componenti sono i seguenti:

CV1 = Compensatore ad aria, 15/200 picofarad
CV2 = Compensatore ad aria, 5/15 picofarad
C1 = Condensatore a mica, 100 picofarad
C2 = Condensatore a carta, 0,01 microfarad, 150 volt
C3 = Condensatore a carta, 0,5 microfarad, 150 volt
R1 = 4 Megaohm, 0,25 watt
P1 = Potenziometro lineare a grafite, 25 kiloohm
B1 = Batteria da 1,5 o 3 volt (secondo la valvola)
B2 = Batteria anodica (vedi testo)
V1 = Valvola 1S4 o 3S4
L1 = Due spire, filo smaltato ∅ 0,25 millimetri, avvolte tra le spire di *L2*
L2 = 20 spire, filo smaltato ∅ 0,25 millimetri, spaziate 0,25 millimetri, avvolte su un supporto da 6 millimetri di diametro
Zaf = 50 spire filo smaltato ∅ 0,15 millimetri affiancate, avvolte su un supporto da 6 millimetri di diametro
Rel. = Vedi testo.

L'allestimento del ricevitore non comporta difficoltà. Gli unici accorgimenti di cui occorre tener conto, sono la disposizione delle bobine *L1* ed *L2* (avvolte sul medesimo supporto), dei condensatori variabili (compensatori *CV1* e *CV2*), dell'antenna, e dell'impedenza *Zaf*. Per evitare accoppiamenti parassiti, i terminali di *L2* andranno connessi uno direttamente alla placca della valvola (piedino corrispondente sullo zoccolo), l'altro ad un piedino libero dello stesso. Tra questo ed il piedino corrispondente alla griglia verrà connesso il gruppo di rivelazione *R1*/*C1*.

Le connessioni al variabile *CV2* dovranno essere le più corte possibile. Il terminale di *L1* corrispondente all'antenna farà capo ad una squadretta di ancoraggio, piuttosto solida e di materiale isolante (possibilmente ceramica), alla quale dovrà essere fissata l'antenna.

Quest'ultima, per funzionare correttamente sulla gamma dei 27 MHz, dovrà essere costituita da un'asticciola rigida (tubetto di ottone da 3 millimetri di diametro esterno), avente una lunghezza massima di 50 cm.

Le operazioni di messa a punto richiedono una certa pazienza ed una certa delicatezza. Come si nota osservando la figura 2, il relais (il cui avvolgimento deve avere una resistenza ohmica di circa 2.000 ohm, ed una sensibilità minima di 5 milliampère circa), può essere regolato variando la tensione della molla di richiamo. Oltre a ciò, la sensibilità può essere variata regolando il potenziometro *P1*, come vedremo tra breve.

Disponendo di un trasmettitore che possa erogare un segnale ad Alta Frequenza con una potenza di 5 watt, posto ad una distanza di almeno 50 metri, all'aperto, si procede come segue: innanzitutto, col trasmettitore inattivo, si regola la molla di richiamo e l'intensità della corrente anodica (tramite *P1*), affinchè la laminetta mobile del relais rimanga attratta dal nucleo quando il ricevitore è in funzione. Ciò fatto, dopo aver attivato il trasmettitore, occorre controllare che il segnale ricevuto sia tale da provocare una riduzione della corrente anodica sufficiente a liberare la laminetta del relais. Se ciò non accade, si provi innanzitutto a variare la posizione dei due compensatori, *CV1* e *CV2*, al fine di applicare alla griglia della valvola il massimo segnale. Se ciò non è sufficiente, si provi a controllare mediante un milliamperometro in serie alla batteria di alimentazione, la variazione di corrente anodica che si manifesta attivando e disattivando il trasmettitore. Ripetiamo che, in assenza di segnale, la corrente anodica deve essere di circa 6,5 milliampère, mentre deve essere inferiore a 2,5 milliampère in presenza del segnale. La variazione di corrente deve essere sufficiente a liberare la laminetta quando viene ricevuto il segnale. In caso contrario, occorre regolare ulteriormente la molla di richiamo ed il potenziometro *P1*, affinchè ciò avvenga istantaneamente, non appena il segnale è presente. Si controlli ancora, alla fine, che detta lamina venga nuovamente attratta non appena il segnale cessa.

Ultimato il controllo del ricevitore, si potrà installarlo sul modellino, utilizzando il movimento del relais

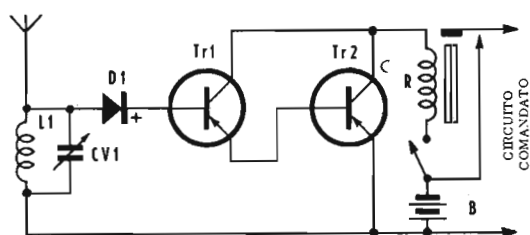



Fig. 4 - Circuito elettrico di un semplice ricevitore per radiocomando, a due transistori più un diodo rivelatore. Ha il vantaggio di un minimo consumo e di un ingombro molto ridotto, ma, — data la scarsa sensibilità — ha una portata alquanto limitata. Il relais connesso all'uscita chiude un circuito alimentato dalla medesima batteria che alimenta il ricevitore.

nel modo che si ritiene più opportuno: ad esempio, trattandosi di un piccolo battello, si potrà provocare la marcia o l'arresto a seconda che il relais sia chiuso o aperto, oppure la semplice accensione di una lampadina, o il funzionamento di un avvisatore acustico. Volendo, il funzionamento del relais potrebbe essere ulteriormente sfruttato, come abbiamo visto precedentemente, ricorrendo all'impiego di un dispositivo del tipo illustrato alla figura 17 a pagina 1206. In tal caso, agendo ripetutamente sul pulsante che determina il funzionamento o meno del trasmettitore, è possibile far virare il battello radiocomandato in tutte le direzioni.

Nei casi in cui il dispositivo meccanico azionato dal relais richieda da parte di quest'ultimo un certo sforzo, se l'energia meccanica della laminetta mobile non è sufficiente, si può utilizzare il contatto relativo per azionare un secondo relais, alimentato dalla batteria di accensione del filamento, avente una maggiore potenza, così come illustrato alla **figura 3**. In tal caso, il movimento della laminetta sul primo relais, pur non avendo la forza necessaria a muovere ad esempio un timone, è però sufficiente a chiudere il contatto che aziona il secondo relais; la parte mobile di quest'ultimo può azionare direttamente un dispositivo meccanico qualsiasi.

Lasciamo al lettore il compito di impiegare nel modo migliore il tipo di ricevitore descritto, e vediamo le caratteristiche costruttive e di funzionamento di un ricevitore più complesso.

Ricevitore a due transistori, per la gamma di 72 MHz

La **figura 4** illustra il circuito di un ricevitore per radiocomando, adatto al funzionamento sulla gamma di 72 MHz, costituito da due stadi amplificatori, e da un diodo rivelatore. In realtà, il circuito si presta altrettanto bene al funzionamento su frequenze inferiori; a tale scopo, è sufficiente sostituire la bobina di accordo con altra adatta ad una diversa frequenza di risonanza.

L'antenna, che in questo caso può essere un semplice conduttore da un millimetro di diametro, teso per la lunghezza di circa 60 centimetri, deve essere connessa direttamente ad un capo della bobina di sintonia (*L*1). Questa consta di sette spire di filo da 12 decimi di millimetro, avvolte su di un supporto da 10 millimetri di diametro, e spaziate in modo che la lunghezza totale dell'avvolgimento sia all'incirca di 20 millimetri. Questi dati non sono critici, in quanto la capacità di accordo (*CV*1), che ha un valore massimo di 50 picofarad, consente di raggiungere in ogni modo la risonanza sulla frequenza prossima a 72 MHz.

Il segnale presente ai capi del circuito accordato viene applicato ad un diodo a cristallo, (*D*1), del tipo *OA* 70 o equivalente, rispettando la polarità indicata nello schema. Il segnale risultante dalla rivelazione viene successivamente applicato all'ingresso di un amplificatore a due stadi, del tipo detto a *corrente continua*, con accoppiamento sull'emettitore. Infatti, come si nota, i collettori dei due transistori (*OC*71 il primo, ed *OC*72 il secondo), fanno capo entrambi al lato negativo della alimentazione, mentre la base del secondo è connessa direttamente all'emettitore del primo.

Il segnale proveniente dal diodo rettificatore giunge direttamente sulla base dell'*OC*71, variando così la corrente tra la base stessa e l'emettitore. Tali variazioni di corrente sono in fase con quelle che si manifestano tra base ed emettitore del secondo stadio (*OC*72). Nel circuito dei due collettori, si hanno dunque variazioni di corrente in fase tra loro, e corrispondenti alla somma delle variazioni che si manifestano in entrambi i transistori.

Il relais è connesso in modo che l'avvolgimento di eccitazione (a bassa resistenza interna, dato il carico ridotto imposto dalle caratteristiche dei transistori) sia in serie al circuito di alimentazione. Esso viene dunque percorso dalla corrente che alimenta l'intero dispositivo, la quale è minima in assenza di segnale (contrariamente a quanto accadeva nel ricevitore precedentemente considerato), e raggiunge un'intensità massima di circa 4 milliampère, quando il segnale ricevuto ha un'ampiezza apprezzabile.

In tali condizioni, un relais avente una resistenza ohmica di circa 50 ohm, consente una risposta immediata con una potenza sufficiente a diversi impieghi. Anche in questo caso, il movimento della laminetta mobile può essere impiegato per azionare diversi tipi di dispositivi, come per il caso precedente.

Questo ricevitore, se offre da un lato il notevole vantaggio di un ingombro ridottissimo, e di un peso minimo — grazie soprattutto all'assenza della batteria anodica necessaria per l'alimentazione di placca della 1S4 — dall'altro lato presenta lo svantaggio di una sensibilità ridotta. Infatti, a causa della mancanza di un circuito di reazione, il raggio di azione da parte del

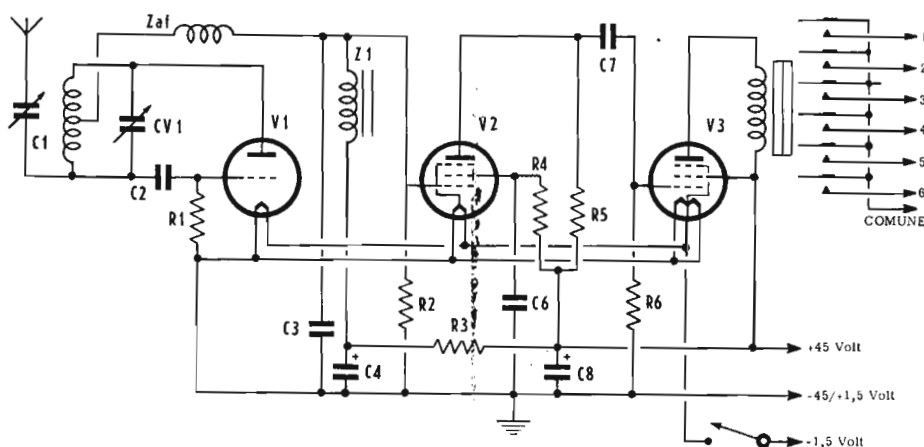



Fig. 5 - Circuito elettrico di un ricevitore in superreazione, con due stadi di B.F., adatto al funzionamento con un relais selettivo a lamine vibranti. Ciascuna lamina, a sua volta, aziona un secondo relais attraverso un circuito integratore. Questo ricevitore consente la ricezione a diverse centinaia di metri di distanza.

trasmettitore avente la potenza convenzionale di 5 watt circa, è molto limitato.

La batteria *B*, che alimenta l'intero dispositivo, fornisce una tensione continua di 6 volt.

Ricevitore per radiocomando, a modulazione di ampiezza

Il circuito elettrico è illustrato alla **figura 5**, ed appare subito evidente, oservandolo, la maggiore complessità. Come si è detto precedentemente, il ricevitore è paragonabile ad un vero e proprio apparecchio radio per la ricezione dei programmi trasmessi: l'unica differenza risiede nella diversa utilizzazione delle correnti sviluppate in seguito alla rivelazione ed alla successiva amplificazione dei segnali modulati, i quali, in luogo di eccitare un altoparlante, mettono in vibrazione diverse lamine, tarate su determinate frequenze.

Il circuito di ingresso consta, come si nota, di un triodo rivelatore funzionante in superreazione (*V*1). Il segnale di Bassa Frequenza si manifesta ai capi dell'impedenza *Z*1, e, attraverso una capacità di 2.000 picofarad, (*C*5), viene applicato alla griglia di *V*2. Questa valvola agisce da amplificatrice di tensione dei segnali a frequenza acustica, i quali vengono successivamente applicati all'ingresso dello stadio finale, (*V*3).

Il carico di quest'ultimo è costituito dall'avvolgimento di eccitazione del relais a lamine mobili, il quale deve poter sopportare una corrente massima di 10 milliampère, e deve presentare un'impedenza di circa 10.000 ohm. E' provvisto di sei lamine vibranti, ciascuna delle quali è tarata su una data frequenza, in modo che — come si è detto — non esistano rapporti armonici.

Ogni singola lamina, allorchè entra in vibrazione, chiude ed apre ritmicamente un contatto elettrico, che a sua volta, con l'aiuto del circuito integratore connesso in parallelo al contatto intermittente (vedi **figura 6**), provvede ad eccitare un secondo relais, per tutto il tempo in cui essa continua a vibrare.

Le operazioni di messa a punto richiedono una certa attenzione in quanto da esse dipende, in gran parte, la sicurezza di funzionamento. Affinchè questa sia buona, occorre soddisfare diverse condizioni: innanzitutto, la frequenza di trasmissione e quella di sintonia del ricevitore devono essere il più possibile stabili. In secondo luogo, la sensibilità del ricevitore deve essere tale da non risentire eccessivamente delle variazioni di distanza inferiori ad almeno 50 metri, ed infine la frequenza di modulazione della portante da parte del modulatore incorporato nel trasmettitore, non deve differire di oltre il 5% dalla frequenza di risonanza delle lamine. In caso contrario, può accadere che il comando trasmesso non venga selezionato, col rischio di perdere il modellino, specie se si tratta di un aereo.

Per la messa a punto di queste frequenze è consigliabile seguire la procedura che qui descriviamo: una volta ultimato il montaggio, dopo aver messo a punto le tensioni, le correnti, ecc., conviene stabilire con la massima esattezza il valore della frequenza di risonanza delle singole lamine. A tale scopo, è sufficiente disporre di un generatore di segnali a B.F. con possibilità di variazione della frequenza anche di piccole entità.

Connettendo l'uscita del generatore tra la griglia pilota del secondo stadio (preamplificatore di Bassa Frequenza), e la massa, e dando all'ampiezza del segnale iniettato un valore opportuno (pari a circa 5 millivolt), è sufficiente variare la frequenza del segnale, iniziando dalla più bassa disponibile, lentamente, fino a notare la vibrazione della lamina più lunga (corrispondente alla frequenza più bassa). A questo punto, si prende nota con cura della frequenza corrispondente, e si cerca quella relativa alla lamina successiva. Alla fine, dopo aver conosciuto con esattezza le frequenze corrispondenti a tutte le lamine, sarà possibile mettere a punto il modulatore presente nel trasmettitore, affinchè produca le medesime frequenze. Ciò potrà essere fatto sempre con l'aiuto del generatore, e di un oscillografo a raggi catodici, nel modo descritto a pagina 810.

Al termine di queste operazioni, il ricevitore può essere installato sul modellino, ed i sei relais azionati dalle lamine (che possono essere in numero maggiore o minore, a seconda del tipo di relais connesso all'uscita del ricevitore, e a seconda delle esigenze del costruttore), possono essere impiegati per azionare altrettanti comandi per la manovra a distanza del modellino. Nel caso si disponga di sei relais, corrispondenti ad altrettanti comandi sul trasmettitore, gli impieghi su un battello e su un aeroplano potrebbero essere i seguenti:

1) *Caso del battello*: Il comando di messa in moto in avanti è azionabile a mano mediante interruttore direttamente sullo scafo (a meno che non si tratti di un modello impiegante un motorino a scoppio):

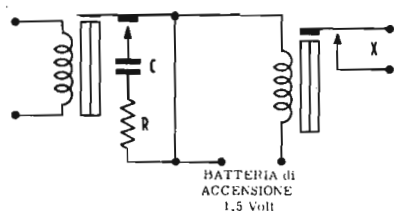



Fig. 6 - Impiego del relais secondario, e del circuito integratore, per chiudere o aprire un circuito elettrico, alimentato dalla batteria di accensione, in modo stabile, nonostante le vibrazioni della lamina.

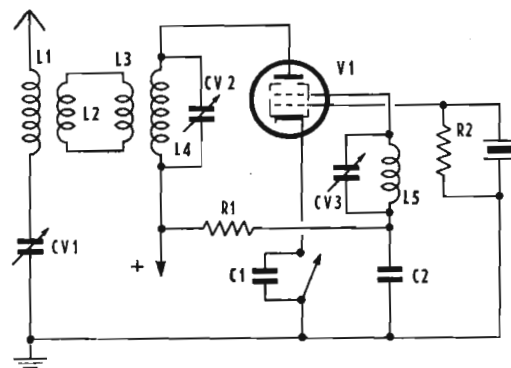



Fig. 7 - Circuito elettrico di un trasmettitore ad una sola valvola, con controllo a cristallo. V1 agisce da oscillatrice e da separatrice, nonchè da stadio moltiplicatore di frequenza. La modulazione è ad impulsi.

svolta a destra; svolta a sinistra; retromarcia; accensione luci di posizione; avvisatore acustico, ed infine, arresto (quest'ultimo solo nel caso che il motorino sia elettrico).

2) *Caso dell'aeroplano*: La messa in moto dipende esclusivamente dall'operatore, prima del decollo, in quanto il motore non può essere di altro tipo che a scoppio: svolta a destra; svolta a sinistra; timone di profondità in posizione di salita; timone in posizione di discesa; accensione luci, ed infine, variazione di velocità (decollo e marcia).

I valori dei componenti impiegati in questo circuito sono i seguenti:

*CV*1 = Condensatore variabile ad aria, 2-10 picofarad
C1 = Compensatore ad aria, 2 - 15 picofarad
C2 = Condensatore a mica, 60 picofarad
C3 = Condensatore ceramico 2.000 picofarad
C4 = Elettrolitico, 4 microfarad, 100 volt
C5 = Condensatore ceramico, 2.000 picofarad
C6 = Condensatore a carta, 20.000 picofarad
C7 = Condensatore ceramico, 2.000 picofarad
C8 = Elettrolitico, 10 microfarad, 150 volt
*R*1 = 1 Megaohm, 0,25 watt
*R*2 = 2 Megaohm, 0,25 watt
*R*3 = 25.000 ohm, 0,25 watt
*R*4 = 2 Megaohm, 0,25 watt
*R*5 = 0,5 Megaohm, 0,25 watt
*R*6 = 2 Megaohm, 0,25 watt
*V*1 = CK 5677 - *V*2 = 1T4 - *V*3 = 3V4
*L*1 = 8 spire, filo smaltato Ø 0,25 millimetri, avvolte su di un supporto da 10 millimetri di diametro, spaziate per una lunghezza totale dell'avvolgimento di 6 millimetri. Presa intermedia alla terza spira, a partire dal lato antenna.
Zaf = Impedenza A.F. da 100 µH
*Z*1 = Impedenza B.F., 35 H, 5 mA

Un particolare di notevole importanza agli effetti dell'installazione di questi ricevitori sui modellini radiocomandati, è il sistema di montaggio meccanico: tali dispositivi, infatti, specie se si tratta di modelli di aeroplani, sono soggetti a subire notevoli urti, particolarmente durante l'atterraggio. Per questi motivi, può accadere sia che la lamina di un relais si sposti, provocando l'azione corrispondente anche senza che l'ordine venga trasmesso, sia che si verifichi un'interruzione o addirittura la rottura di uno dei componenti in seguito ad un urto violento. Ciò fa sì che tutte le parti di una certa delicatezza (valvole, transistori, relais, ecc.), debbano essere fissate al supporto (o telaio) mediante sospensioni in gommapiuma, atta ad assorbire buona parte dell'urto eventuale. Oltre a ciò, i collegamenti devono essere rigidi e robusti, e le saldature devono essere effettuate con la massima cura, facendo attenzione, ove necessario, a depositare una quantità di stagno anche maggiore del necessario.

Trasmettitore ad una valvola, per modulazione ad impulsi

La **figura 7** illustra il circuito elettrico di un trasmettitore ad una sola valvola; è escluso l'alimentatore, che può essere di qualsiasi tipo convenzionale, a valvola o a rettificatore al selenio, o ancora a batteria, con o senza survoltore, a seconda del tipo di sorgente. Si tratta di una valvola del tipo 6*V*6, montata in un circuito oscillatore con controllo a quarzo. La gamma di frequenza è quella di 27 MHz, con le bobine di cui vengono forniti i dati, tuttavia, usando un cristallo diverso, e — naturalmente — altri valori per i circuiti accordati, può funzionare anche sulla gamma dei 72 MHz, sebbene con potenza minore.

La valvola funziona sia come stadio oscillatore a cristallo, che come stadio moltiplicatore di frequenza e separatore. Infatti, come si nota, il vero e proprio oscillatore a cristallo utilizza direttamente la griglia pilota, mentre la griglia schermo agisce da placca.

Il circuito accordato presente in serie alla griglia schermo funziona sulla medesima frequenza del cristallo (circa 6.800 kHz), mentre il circuito accordato in serie alla placca, che agisce da stadio separatore agli effetti del carico di antenna, funziona su di una frequenza quadrupla. In tal modo, oltre ad avere una notevole indipendenza della frequenza dalle caratteristiche dell'antenna, si ottiene una elevata stabilità.

La trasmissione dei comandi avviene semplicemente interrompendo — mediante un interruttore applicato al pannello di comando — il circuito di catodo. In tal caso — logicamente — si interrompe la corrente anodica, e, di conseguenza, l'irradiazione di onde elettromagnetiche. Per contro, non appena viene ristabilità la

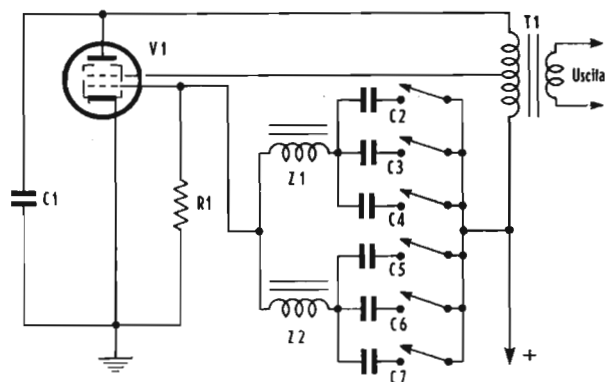



Fig. 8 - Circuito elettrico del modulatore, che può essere aggiunto al trasmettitore di figura 7. Si tratta di un generatore di segnali a Bassa Frequenza, del tipo LC. Due induttanze vengono impiegate per la produzione delle diverse frequenze, in relazione al valore delle capacità C2, C3, C4, C5, C6, e C7, inseribili separatamente mediante gli appositi pulsanti. Il secondario del trasformatore di uscita deve essere in serie all'alimentazione anodica del trasmettitore (modulazione di placca).

continuità di tale circuito, le oscillazioni riprendono istantaneamente.

L'apparecchio può essere montato in una scatoletta di alluminio, provvista di attacco in ceramica per la connessione dell'antenna esterna. Questa, per la frequenza di funzionamento considerata, potrà essere costituita da un conduttore verticale o orizzontale, avente una lunghezza complessiva di 2,5 metri circa. Ovviamente, sarà bene che la posizione dell'antenna rispetto alla superficie del suolo sia analoga a quella dell'antenna installata sul modellino radiocomandato.

La messa a punto non è complessa, in quanto una volta stabilita con esattezza la frequenza di funzionamento, che deve essere identica a quella del ricevitore installato sul modellino, non resta che agire sul pulsante di comando, per irradiare impulsi di Alta Frequenza non modulata, della durata voluta.

Per la gamma dei 27 MHz, i valori delle induttanze sono i seguenti:

*L*1 = 6 spire filo smaltato Ø 1,5 millimetri, avvolte su supporto Ø 30 millimetri, spaziate 1 mm.
*L*2 = « link », costituito da una sola spira inserita tra quelle di L1 e di L4, filo smaltato, Ø 1 mm
*L*3 = Come L2
*L*4 = 7 spire, filo smaltato Ø 2 millimetri, spaziate 1,5 millimetri, avvolte su supporto Ø 30 mm
*L*5 = 30 spire filo smaltato Ø 1 millimetro, affiancate, avvolte su un supporto Ø 20 millimetri.

I valori dei componenti sono i seguenti:

*CV*1 = Compensatore ad aria, 5 - 75 picofarad
*CV*2 = Compensatore ad aria 5 - 30 picofarad
*CV*3 = Compensatore ad aria 15 - 150 picofarad
*C*1 = Condensatore a carta, 5.000 picofarad, 500 volt
*C*2 = Condensatore ceramico, 2.000 picofarad
*R*1 = 2.000 ohm, 2 watt
*R*2 = 50.000 ohm, 0,25 watt
*V*1 = 6V6, o 6AQ5, o similare

L'alimentatore — ripetiamo — può essere di qualsiasi tipo, purchè possa fornire una tensione anodica di 300 volt, con una corrente massima di 50 milliampère. Volendo usare il trasmettitore come unità portatile, si potrà alimentarlo con rettificatore a ossido, connesso ad un trasformatore a sua volta alimentato dalla batteria di un'automobile, a 6 o 12 volt, tramite un survoltore.

La messa a punto è semplice; una volta controllate tutte le tensioni, dopo aver collegata l'antenna, o dopo averla sostituita con una lampadina da 5 watt connessa a due o tre spire di filo da 2 millimetri di diametro, accoppiate induttivamente ad *L*4, e dopo aver inserito il cristallo, si inizia con la messa a punto del circuito accordato *L*5/*CV*3, fino a constatare, con un milliamperometro da 100 milliampère fondo scala in serie alla alimentazione, la minima corrente di placca. Ciò fatto, si può sintonizzare il circuito accordato *L*4/*CV*2, sempre fino ad ottenere la minima corrente anodica. Occorre fare attenzione, durante questa operazione, ad effettuare l'accordo sulla quarta armonica, e non su armoniche inferiori; in tal caso, infatti, la frequenza del segnale irradiato non corrisponderebbe più a quella desiderata. L'eventuale errore potrà essere denunciato da una portata molto limitata del trasmettitore, nel qual caso sarà bene ripetere l'operazione di messa a punto, cercando per tentativi la posizione che consente il funzionamento alla massima distanza.

Per ultimo, si provvederà a regolare *CV*1, ad antenna inserita, fino ad avere la massima irradiazione. La misura, in tal caso, dovrebbe essere eseguita con un misuratore di campo, ma, a tale scopo, è possibile usare il medesimo ricevitore installato sul modellino. Infatti, si noterà che, per le posizioni errate di *CV*1, il campo di azione è limitatissimo, mentre per le altre posizioni vi avrà un funzionamento soddisfacente a distanze notevolmente maggiori.

Non è possibile stabilire a priori la portata di questo trasmettitore, in quanto essa dipende dalla conformazione della zona, dalla presenza o meno di alberi e di edifici, nonchè dalla sensibilità del ricevitore: tuttavia, possiamo affermare che — in una zona completamente aperta, come può essere un prato o un lago, esso può raggiungere efficientemente il ricevitore ad una distanza di diverse centinaia di metri.

Volendo adottare il medesimo circuito per la trasmissione di segnali modulati in ampiezza, si potrà applicare un modulatore in serie all'alimentazione di placca. Come sappiamo, si tratta di modulare in ampiezza la portante, con tante frequenze, tra loro diverse, quante sono le lamine del relais selettivo. In pratica, il circuito del modulatore consta semplicemente di uno stadio oscillatore di Bassa Frequenza, avente caratteristiche tali che la frequenza di oscillazione possa essere variata con la semplice pressione di un pulsante, o con l'ab-

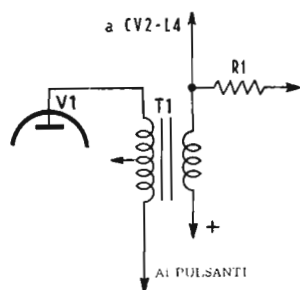



Fig. 9 - Il trasformatore di uscita del modulatore viene connesso al trasmettitore di figura 7 secondo il classico sistema di modulazione di placca. Come è noto, il segnale di uscita varia la tensione anodica della valvola del trasmettitore, e, quindi, l'ampiezza della portante.

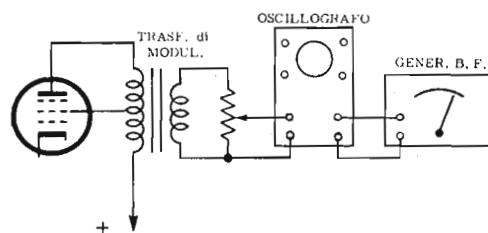



Fig. 10 - Connessioni tra il modulatore e gli strumenti, per la messa a punto delle frequenze col metodo delle figure di Lissajous. I valori necessari delle capacità devono essere trovati per tentativi.

bassamento di un interruttore a leva.

Vediamo ora come sia possibile realizzare un circuito del genere, e come esso debba essere collegato al trasmettitore ora descritto.

Modulatore di ampiezza a sei canali

Affinchè il segnale di Bassa Frequenza applicato al relais a lamine vibranti abbia un'ampiezza sufficiente allo scopo, la percentuale di modulazione non deve essere inferiore all'80%. Per ottenere ciò, è necessario usare una valvola eguale a quella dell'oscillatore A.F., così come indicato alla **figura 8**.

Come si nota, si tratta di un comune circuito oscillatore di Bassa Frequenza del tipo *LC*, nel quale la frequenza di oscillazione può assumere sei valori diversi. a seconda del pulsante che viene inserito. Ciascuno di essi connette, tra il terminale inferiore dell'avvolgimento di placca, e la griglia della valvola, un circuito *LC* risonante in serie, le cui caratterisitche determinano appunto la frequenza di oscillazione.

L'induttanza di placca è un vero e proprio trasformatore di modulazione, nel quale il primario (con presa centrale), costituisce in parte il carico anodico della valvola (tra placca e schermo), ed in parte l'avvolgimento di reazione tra griglia ed anodo.

Il secondario, invece, deve essere connesso in serie all'alimentazione anodica della valvola oscillatrice in Alta Frequenza, così come indicato alla **figura 9**.

Il circuito non è critico, e le oscillazioni si manifestano con una certa facilità nella gamma delle frequenze acustiche: i valori vengono qui sotto elencati, ad eccezione di quelli relativi alle capacità che controllano la frequenza di oscillazione, i quali dipendono — logicamente — dalla frequenza di risonanza delle lamine del relais montato sul ricevitore. In linea di massima, è possibile adottare per le sei frequenze due sole induttanze con nucleo ferromagnetico, una per ogni gruppo di tre frequenze, variando soltanto il valore della capacità in serie.

C1 = Condensatore a mica. 500 picofarad
C2 = Da determinare sperimentalmente
C3 = Come C2, C4, C5, C6 e C7
R1 = 50.000 ohm, 0,25 watt
Z1 = Impedenza Bassa Frequenza, 12 henry, 5 mA
Z2 = Impedenza Bassa Frequenza, 6 henry, 5 mA
T1 = Trasformatore di uscita per « push - pull » di 6V6: impedenza primaria, 10.000 ohm, induttanza 10 henry: Impedenza secondaria, 8.000 ohm. Il secondario deve essere avvolto con un conduttore che possa portare una corrente di circa 65 mA.

Come si nota, l'impedenza di Bassa Frequenza (*Z1*), connessa al primo gruppo di tre condensatori, ha un valore induttivo pari al doppio di quello di *Z2*. Di conseguenza, le tre frequenze stabilite dai pulsanti 1, 2 e 3 sono le più basse, ed aumentano progressivamente fino ad un valore, oltre il quale, per avere un segnale di uscita di ampiezza eguale, è opportuno ridurre il valore induttivo in serie.

Per effettuare la messa a punto delle capacità C2, C3, ecc., fino a C7, una volta noti con la massima esattezza i valori delle frequenze di risonanza delle lamine del relais impiegato sul ricevitore, si procede come indicato alla **figura 10**: connettendo l'uscita del modulatore all'ingresso dell'amplificatore verticale di un oscillografo (tramite un attenuatore), e l'uscita del generatore di segnali B.F. all'ingresso dell'amplificatore orizzontale, si pone quest'ultimo in posizione corrispondente alla frequenza più bassa. Inserendo poi il pulsante N. 1, si provano diversi valori di C2 — connettendone eventualmente due o più in parallelo tra loro — fino ad ottenere l'immagine di un cerchio sullo schermo. Come sappiamo, ciò significa appunto che le due frequenze sono eguali. Ciò fatto, si ripete l'operazione con la seconda frequenza, nei confronti del pulsante N. 2, e così via.

Non è difficile, disponendo di un certo assortimento di condensatori, individuare i valori di capacità necessari per ottenere le diverse frequenze. Alla fine. i gruppi di capacità così costituiti verranno inseriti definitivamente, e l'apparecchio sarà pronto per funzionare. Non resterà che contrassegnare i sei pulsanti con altrettanti numeri (ciascuno dei quali rappresenta un ordine che può essere trasmesso), o addirittura con una parola che rappresenti l'ordine stesso, come già detto.

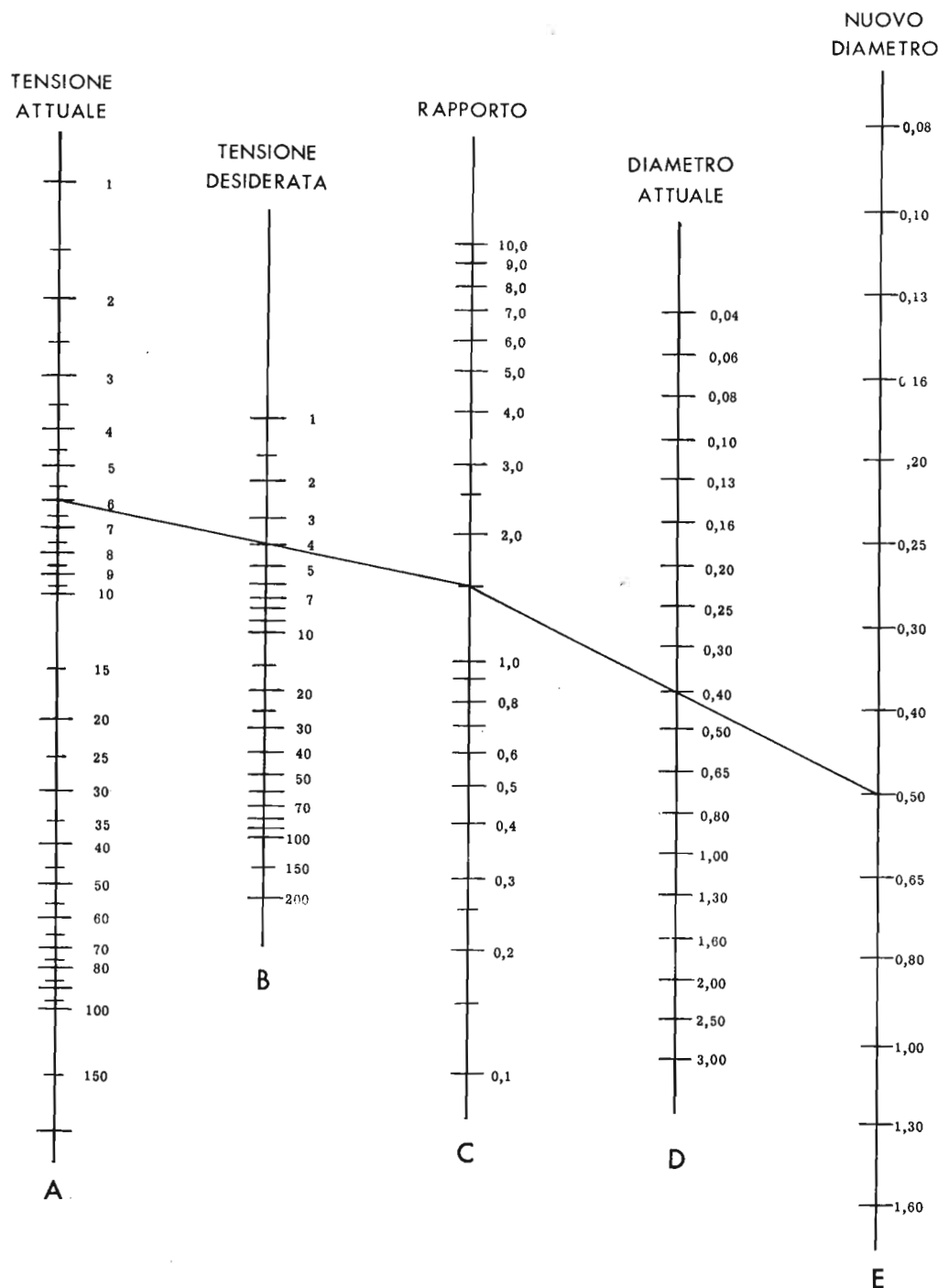
E' possibile realizzare diversi altri tipi di trasmettitori, sia a modulazione ad impulsi, che a modulazione di ampiezza. Ne esistono infatti altri alimentati esclusivamente a batterie, (incorporate o meno); tuttavia, in tal caso, è ovvio che la potenza di trasmissione è notevolmente inferiore, a scapito della portata. Riteniamo pertanto che il tipo suggerito possa soddisfare la maggior parte delle esigenze.

DOMANDE sulle LEZIONI 151ª e 152ª

N. 1 —
Che cos'è un relais?
N. 2 —
Quale differenza sussiste tra un relais normale, ed un relais polarizzato?
N. 3 —
In quanti e quali modi, nel radiocomando, può essere sfruttato il funzionamento di un relais?
N. 4 —
Da cosa è determinata la « portata » di un relais?
N. 5 —
In quanti modi può essere modulata la portante del trasmettitore, nelle applicazioni di radiocomando?
N. 6 —
Come è possibile, con un sistema di trasmissione ad impulsi, impartire comandi di diverso genere al modellino radiocomandato?
N. 7 —
Per quale motivo non è conveniente la trasmissione di più di un tipo di comando, mediante variazione di frequenza della portante?
N. 8 —
Cosa si intende per « codificazione »?
N. 9 —
Per quale motivo, nel caso della modulazione della portante con suoni a Bassa Frequenza, è necessario che tra questi non esistano rapporti armonici?
N. 10 —
Per quale motivo, nel trasmettitore, l'antenna deve essere accordata sulla frequenza di funzionamento?
N. 11 —
Per quale motivo, nei ricevitori funzionanti in superreazione, l'antenna non deve essere accordata sulla frequenza del segnale ricevuto?
N. 12 —
Cosa si intende per « decodificazione »?
N. 13 —
Come funziona un relais a lamine vibranti?
N. 14 —
A cosa serve un circuito integratore, nei confronti del relais azionato da una lamina vibrante?
N. 15 —
Quali sono i fattori limitanti nell'impiego dei relais a lamine vibranti?
N. 16 —
Da cosa dipende la portata utile di un sistema di telecomando?
N. 17 —
Nel caso della trasmissione di comandi mediante segnali a Bassa Frequenza, quale deve essere la minima percentuale di modulazione del trasmettitore?
N. 18 —
Se il relais azionato direttamente dai segnali non è abbastanza potente, come è possibile fare in modo che esso azioni indirettamente un comando che richieda un certo sforzo?

RISPOSTE alle DOMANDE di p. 1193

N. 1 — La possibilità di effettuare trasmissioni a notevole distanza con potenza minima, data la forte concentrazione delle onde irradiate in un fascio direzionale.
N. 2 — Perchè l'onda di superficie (o terrestre) si smorza rapidamente, e l'onda spaziale si perde nel cielo per la scarsa rifrazione che subisce dai vari strati.
N. 3 — Quando è un conduttore a superficie piana ed uniforme.
N. 4 — La velocità aumenta con l'aumentare della temperatura dell'aria, e col diminuire della pressione atmosferica e della percentuale di umidità (vapor d'acqua).
N. 5 — Un unico conduttore, internamente cavo, all'interno del quale passa l'onda elettromagnetica.
N. 6 — Quella parallela alle pareti superiore ed inferiore, ossia ai lati di maggiore superficie. Beninteso, ciò è riferito ad onde polarizzate verticalmente, e a guide d'onda a sezione rettangolare.
N. 7 — Sulla superficie di una parete interna di una guida d'onda non può esistere un campo elettrico ad essa parallelo, e non può esistere un campo magnetico variabile, ad essa perpendicolare.
N. 8 — Una minore quantità di perdite, dovuta all'assenza di un conduttore centrale.
N. 9 — Dal rapporto tra l'intensità del campo trasversale elettrico, e l'intensità del campo trasversale magnetico, in quel dato punto.
N. 10 — Tre: dispositivo di accordo a vite (semplice o multiplo), a pistone, ed a finestra. I primi due possono essere regolati dall'esterno: il tipo a finestra invece è fisso.
N. 11 — Perchè sia il tempo di transito che le capacità interelettrodiche hanno valori eccessivi nei confronti delle caratteristiche dei segnali in gioco.
N. 12 — Nelle prime viene variata l'intensità della corrente anodica ad opera del segnale: nelle seconde — invece — viene variata la velocità degli elettroni.
N. 13 — Nel primo, si ha una sola cavità di griglia, e l'anodo è tale in quanto è positivo. Nel secondo, le cavità di griglia sono due, e l'anodo diventa repulsore perchè polarizzato con potenziale negativo.
N. 14 — Il fatto che gli elettroni che passano attraverso la griglia proseguono per inerzia per un certo tratto, dopo di che ne vengono attratti. Nel ritorno, la oltrepassano per il medesimo motivo, finchè vengono catturati a causa del potenziale positivo. In tal modo essi oscillano intorno alla griglia.
N. 15 — Due: come amplificatore e come oscillatore. Può fornire solo deboli potenze (circa un watt).
N. 16 — In uno solo, e precisamente come oscillatore.
N. 17 — Parallela all'asse dell'anodo a cavità, e perpendicolare al movimento degli elettroni dal catodo all'anodo.
N. 18 — Adottando un sistema di connessione « ibrida » delle antenne. In tal modo, è possibile che ciascuna di esse riceva su una frequenza e trasmetta sull'altra senza reciproche influenze tra i due segnali.

TABELLA 99 — ABACO per il RIAVVOLGIMENTO di RELAIS

Nell'attività dilettantistica del radio comando, può accadere di dover utilizzare un relais in una determinata realizzazione, adattandolo al funzionamento con una tensione diversa da quella per la quale è stato costruito.

L'abaco qui sopra riportato è utilissimo a tale scopo, in quanto permette di conoscere rapidamente il diametro del filo necessario per rifare l'avvolgimento, senza effettuarne il calcolo — peraltro abbastanza complesso — in base al fattore *ampère - spire*, ed alla resistenza meccanica dell'equipaggio mobile.

Nota la tensione di funzionamento, ed il diametro del conduttore con cui l'avvolgimento è stato effettuato, si procede come segue: sulla colonna *A* si individua la tensione attuale di funzionamento, e sulla colonna *B* la tensione alla quale si desidera adattare il relais. Unendo i punti corrispondenti con una retta, prolungata verso destra, si individua sulla colonna *C* il valore del rapporto tra le due tensioni. Da questo punto, si traccia una seconda retta, sempre prolungata verso destra, fino ad incontrare la colonna *E* passando per il punto corrispondente al diametro attuale del conduttore, sulla colonna *D*. Il valore individuato sulla citata colonna *E* rappresenta la nuova sezione del filo.

Nell'esempio riportato, la tensione originale è di 6 volt, la nuova tensione ammonta invece a 4 volt, con un rapporto di 1,5. Con un diametro originale del conduttore (in millimetri), pari a 0,40, l'avvolgimento deve essere rifatto con conduttore da 0,50. Il numero delle spire è dato esclusivamente dallo spazio disponibile sul rocchetto, con approssimazione sufficiente.

TABELLA 100 — LIVELLO MEDIO dei SUONI di DIVERSE SORGENTI SONORE

Sono qui riportati i livelli medi dei suoni provenienti da diverse sorgenti sonore, rilevati con un fonometro di produzione della General Radio, riferiti alla soglia di udibilità di un orecchio normale.

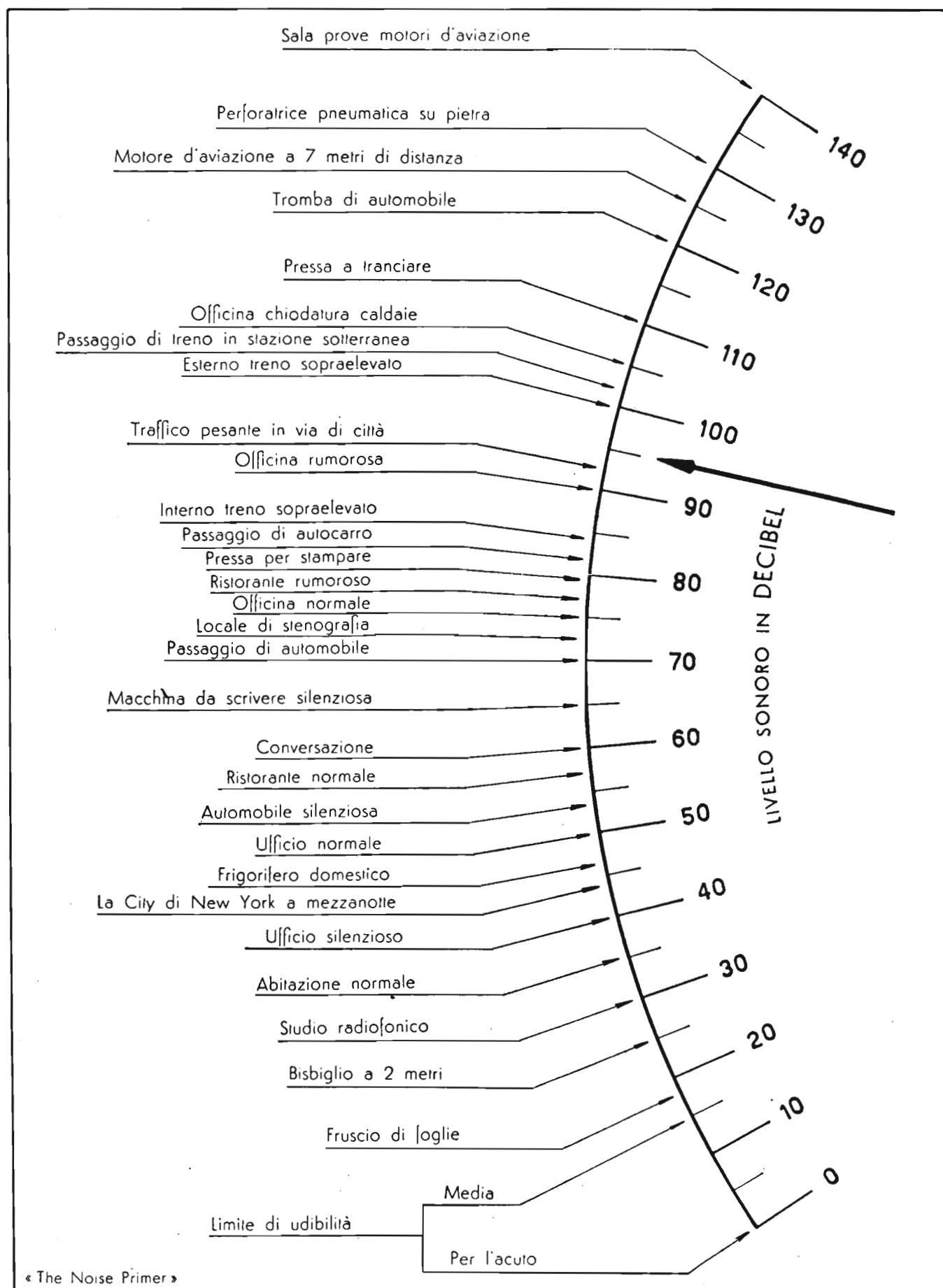
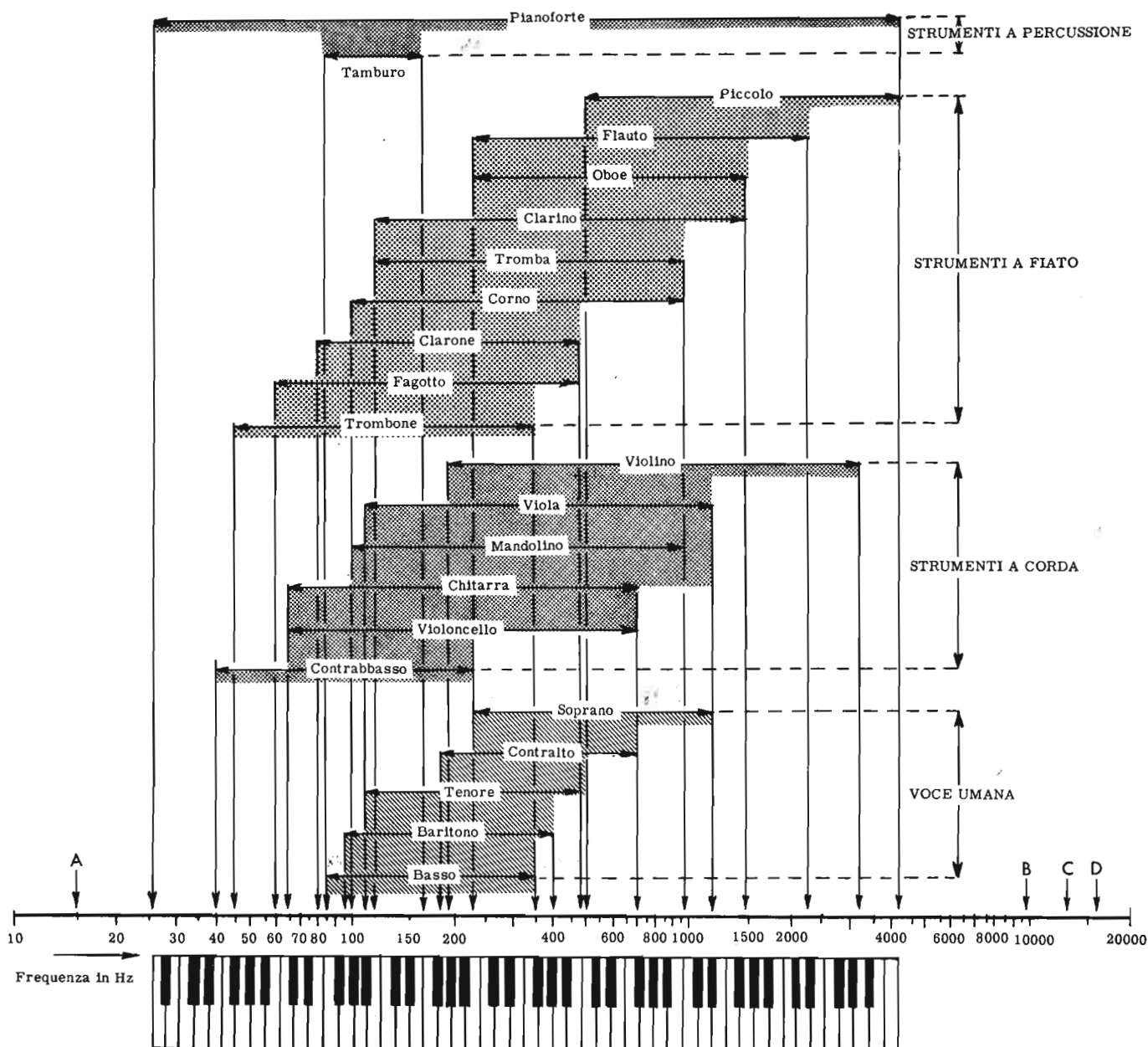



TABELLA 101 — FREQUENZE della VOCE UMANA, e dei PRINCIPALI STRUMENTI MUSICALI

Nello studio dei circuiti di amplificazione sonora, degli apparecchi di riproduzione (altoparlanti, cuffie, « bass reflex », ecc.), nonchè degli amplificatori ad alta fedeltà, ci siamo spesso riferiti alla gamma di frequenze dei suoni percepibili dall'orecchio umano.

Il grafico qui sopra riportato elenca le frequenze approssimative delle note musicali, nonchè la gamma di frequenze entro la quale si estendono i suoni che possono essere prodotti sia dai principali strumenti musicali, sia dalla voce umana, a seconda della classifica rispetto alla scala musicale.

L'utilità di questo grafico si rivela nel campo della progettazione di amplificatori di Bassa Frequenza, e di tutte le apparecchiature inerenti. Sappiamo infatti che, per ottenere una riproduzione fedele, è necessario che i suoni possano essere riprodotti *almeno fino alla sesta armonica*. In realtà, le armoniche di alcuni strumenti musicali e della stessa voce umana sono in numero molto maggiore, tuttavia, come si nota osservando il grafico, non tutte possono essere riprodotte.

Ad esempio, se consideriamo la nota più grave di un contrabbasso, che ha una frequenza di circa 40 Hz, è evidente che qualsiasi armonica di tale frequenza rientra nella gamma di sensibilità dell'orecchio umano. Infatti, per arrivare al limite massimo di 16.000 Hz, ci si dovrebbe interessare della 400ª armonica. Anche nei confronti della nota più alta di un soprano, che è dell'ordine di 1.200 Hz, l'armonica più alta che rientra nella gamma udibile è la 13ª, che è, dal punto di vista intensità, del tutto trascurabile.

Se consideriamo invece il caso limite della **nota** più alta del pianoforte (circa 4.000 Hz), notiamo che l'armonica più alta che può essere percepita è la 4ª, corrispondente appunto a 16.000 Hz.

Da ciò è evidente la limitazione progressiva della fedeltà di riproduzione con l'aumentare della frequenza.

Le lettere che contraddistinguono le frecce verticali rappresentano la frequenza minima udibile (A), la massima nelle persone anziane (B), nelle persone adulte (C), ed infine nelle persone giovani (D).

TABELLA 102 — DURATA delle REGISTRAZIONI su NASTRO, in FUNZIONE del DIAMETRO della BOBINA e della VELOCITA' di SCORRIMENTO

TIPO	DIAMETRO della BOBINA		LUNGHEZZA del NASTRO		DURATA della REGISTRAZIONE in ORE in relazione alla velocità di svolgimento del nastro				
	inches	mm	feet	metri	$^{15}/_{16}$ i.p.s. (2,38 cm/s)	1 $^{7}/_{8}$ i.p.s. (4,75cm/s)	3 $^{3}/_{4}$ i.p.s. (9.50 cm/s)	7 $^{1}/_{2}$ i.p.s. (19 cm/s)	15 i.p.s. (38 cm/s)
P	3	75	150	45,75	0,30	0,15	-	-	-
LP	3	75	225	68,75	0,45	0,22	-	-	-
DP	3	75	350	106,40	1,10	0,35	-	-	-
P	3 - 1/4	82	300	91,50	1,00	0,30	0,15	0,07	-
LP	3 - 1/4	82	400	122,00	1,20	0,40	0,20	0,10	-
DP	3 - 1/4	82	600	183,00	2,00	1,00	0,30	0,15	-
P	4	100	300	91,50	1,00	0,30	0,15	0,07	-
LP	4	100	450	137,50	1,30	0,45	0,22	0,11	-
DP	4	100	700	212,80	2,20	1,10	0,35	0,17	-
P	5	127	600	183,00	2,00	1,00	0,30	0,15	0,07
LP	5	127	900	275,00	3,00	1,30	0,45	0,22	0,11
DP	5	127	1.200	366,00	4,00	2,00	1,00	0,30	0,15
P	5 - 3/4	146	850	260,00	2,50	1,25	0,42	0,21	0,10
LP	5 - 3/4	146	1.150	350,00	3,50	1,55	0,57	0,28	0,14
DP	5 - 3/4	146	1.650	503,00	5,30	2,45	1,22	0,41	0,20
P	7	178	1.200	366,00	4,00	2,00	1,00	0,30	0,15
LP	7	178	1.800	550,00	6,00	3,00	1,30	0,45	0,22
DP	7	178	2.400	732,00	8,00	4,00	2,00	1,00	0,30
P	10 - 1/2	271	2.400	732,00	8,00	4,00	2,00	1,00	0,30
LP	10 - 1/2	271	3.600	1.100,00	12,00	6,00	3,00	1,50	0,45
DP	10 - 1/2	271	4.800	1.464,00	16,00	8,00	4,00	2,00	1,00
P	14	355	4.800	1.464,00	16,00	8,00	4,00	2,00	1,00
LP	14	355	7.200	2.200,00	24,00	12,00	6,00	3,00	1,50
DP	14	355	9.600	2.928,00	36,00	16,00	8,00	4,00	2,00

Allorchè ci siamo occupati della registrazione su nastro, abbiamo visto come vengono adottate, a seconda dei modelli, diverse velocità di scorrimento del nastro.

La tabella 102 elenca la durata approssimativa di un nastro, a seconda di tale velocità, e del diametro della bobina contenitrice. Specifichiamo che, attualmente, esistono in commercio tre tipi di nastri, ciascuno dei quali ha un diverso spessore, per cui, in una stessa bobina, ne può essere contenuta una diversa quantità.

Il tipo *professionale* (P), ha il massimo spessore, e viene usato solo — come dice il suo stesso nome — nelle applicazioni professionali (sale di registrazione, Enti Radiofonici, ecc.): il tipo *« Long Play »* (lunga durata), ha uno spessore inferiore, e viene usato sui registratori del commercio. Il tipo *« Double Play »* (doppia durata), infine, è ancora più sottile, ed è stato introdotto in commercio per ultimo.

La tabella consente dunque di stabilire la durata di una registrazione, conoscendo semplicemente il diametro della bobina, la qualità del nastro, e la velocità.

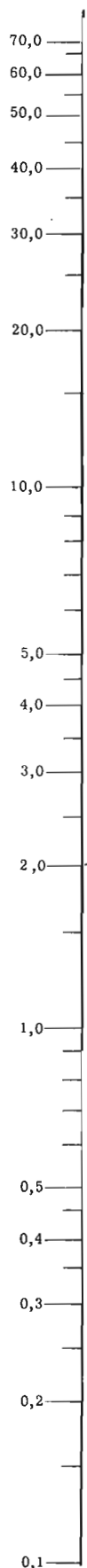
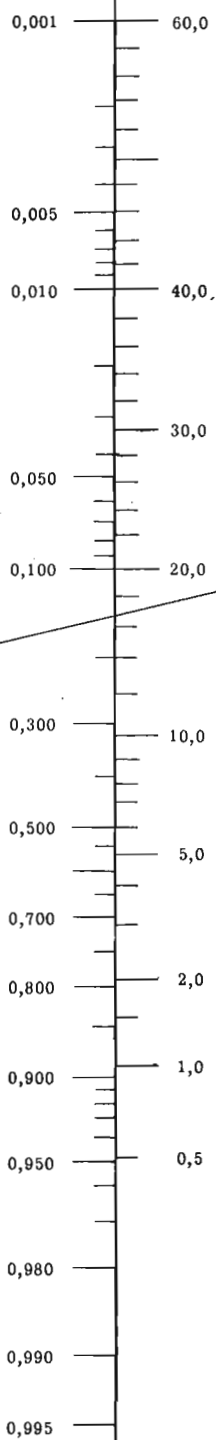
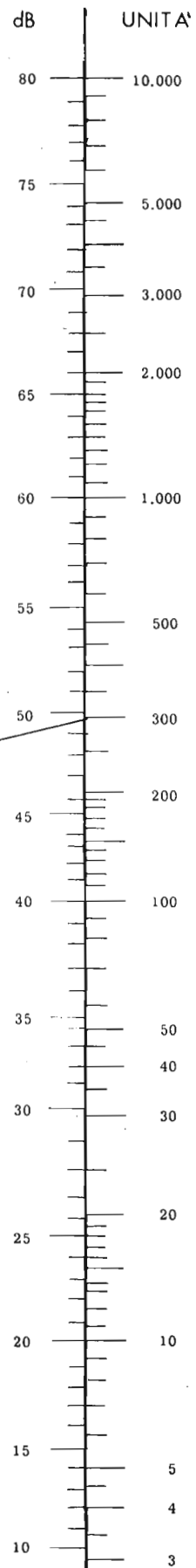
TABELLA 103 — RIDUZIONE di AMPLIFICAZIONE in FUNZIONE del RAPPORTO di CONTROREAZIONE

Sappiamo dalla lezione 109ª, che l'ammontare del guadagno fornito da un amplificatore diminuisce in seguito alla applicazione di un circuito di controreazione. Nella medesima lezione, abbiamo anche appreso che la controreazione è misurabile percentualmente, in funzione del rapporto tra la tensione di controreazione, e la tensione di uscita che sussiste senza tale applicazione. Questo rapporto figura come « percentuale di controreazione » sulla colonna *A* dell'abaco riportato alla pagina seguente. Noto dunque tale valore, si individua sulla colonna *E* il guadagno senza controreazione, espresso in unità, oppure il guadagno corrispondente in dB sulla colonna *D*.

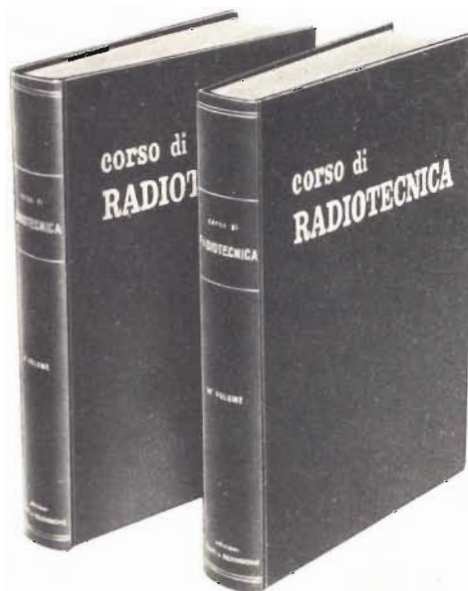
Unendo i due punti con una retta, si intersecano le due colonne centrali *B* e *C* in un punto comune.

Sulla colonna *B* si legge direttamente la diminuzione del guadagno, e sulla colonna *C* l'aumento eventuale in dB che il segnale di ingresso deve subire, affinchè, dopo l'applicazione di tale controreazione, il segnale di uscita abbia le medesima ampiezza.

Nell'esempio indicato, il rapporto è pari a 2,0, ed il guadagno originale è di 300 volte (pari a 49 dB). In tali condizioni, l'amplificazione si riduce di 0.125 volte, e, per mantenere costante l'uscita, il segnale di ingresso deve essere aumentato di circa 17 dB.

PERCENTUALE di
REAZIONE NEGATIVA
70,0
60,0
50,0
40,0
30,0
20,0
10,0
5,0
4,0
3,0
2,0
1,0
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
A
VARIAZIONE di
AMPLIFICAZIONE
0,001
0,005
0,010
0,050
0,100
0,300
0,500
0,700
0,800
0,900
0,950
0,980
0,990
0,995
B
AMPLIFICAZIONE
SUPPLEMENTARE
in dB
60,0
40,0
30,0
20,0
10,0
5,0
2,0
1,0
0,5
C
AMPLIFICAZIONE
SENZA
CONTROREAZIONE
dB
UNITA'
80
75
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
D
10.000
5.000
3.000
2.000
1.000
500
300
200
100
50
40
30
20
10
5
4
3
E

Per la rilegatura del «Corso di RADIOTECNICA» abbiamo preparato ora un nuovo tipo di copertina. Esso è previsto per la confezione a volume (con suddivisione, sempre, in 2 volumi) ad opera di un rilegatore.

Con il presente modello abbiamo voluto accontentare tutti coloro che ci hanno scritto dichiarandosi più propensi ad una rilegatura di tipo comune che non al sistema di raccoglitore già posto in vendita.

Il costo di una copertina è di lire 600 se ordinata singolarmente: il costo delle due copertine ordinate assieme (volume I° e volume II°) è di lire 1100.

In considerazione del rilevante numero di plichi che sono andati dispersi con le spedizioni del primo tipo di cartella, abbiamo previsto la spedizione con plico **« raccomandato »**: la spesa è compresa nelle cifre di cui sopra.

Infine, per agevolare ancor più i nostri lettori, le nuove copertine in questione saranno poste in vendita anche presso le edicole. In questo caso consigliamo la prenotazione presso il giornalaio, affinchè possa essere a lui inviato tempestivamente il quantitativo necessario. La busta contenente le due copertine costerà, anche presso l'edicola, lire 1100.

In caso di acquisto diretto, inviare l'importo a **« Corso di RADIOTECNICA » - Via dei Pellegrini 8/4 - MILANO** con vaglia o versamento sul conto corrente postale **N. 3/41.203.**

AVVISO a tutti i lettori

Come previsto nel nostro programma di pubblicazione, il fascicolo N. 52 concluderà questa prima edizione del « Corso ».

In detto fascicolo troveranno posto, tra l'altro, le pagine dell' « errata corrige ». Per non sacrificare ulteriormente o addirittura dover omettere il contenuto tecnico del numero stesso (lezioni sulle applicazioni dell'elettronica all'industria) abbiamo raccolto in un ulteriore, apposito fascicolo (N. 53) l'Indice generale del testo, l'Indice delle tabelle e l'Indice analitico, completando con frontespizi e pagine di risguardia necessarie per conferire alla raccolta (specialmente in caso di rilegatura) tutte le caratteristiche di un libro.

Il citato N. 53 sarà posto in vendita regolarmente, una settimana dopo il N. 52 e **sarà inviato in omaggio a tutti coloro che sottoscriveranno l'abbonamento all'intero «Corso di TELEVISIONE»**. A tale scopo rendiamo note le condizioni di abbonamento a questo nuovo «Corso».

ABBONAMENTO ALL'INTERO « Corso di TELEVISIONE » . . . . **Lire 4.795** (I.G.E. compresa).
ABBONAMENTO a 18 fascicoli — 1/2 Corso — . . . . **Lire 2.550** (I.G.E. compresa).

I versamenti devono essere effettuati come segue:

« Corso di Televisione » — via dei Pellegrini 8/4 — Conto Corrente Postale 3/8232 — Milano.